



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ MALÉ OBROBNY V RÁMCI DANÉ FIRMY

LAYOUT SOLUTION OF A SMALL WORKMANSHIP WITHIN A GIVEN COMPANY

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Antonín Urban

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2021

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Antonín Urban**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Marek Štroner, Ph.D.**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Dispoziční řešení malé obrobny v rámci dané firmy**

1. Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě volby charakteristické součástky v dané firmě a její obrobně provést kapacitní propočet a návrhy rozmístění strojů, tedy jejich dispozičních řešení. Důraz je kladen na ušetření výrobní plochy a optimalizace materiálových toků.

2. Cíle bakalářské práce:

- Volba součástky.
- Kapacitní propočty.
- Návrh dispozičního řešení.
- Zhodnocení návrhu.

3. Seznam doporučené literatury:

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem). 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1990, 164 s. ISBN 80-214-0068-4.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.

SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.

ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

.....

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. ředitel  
děkan fakulty.

## **ABSTRAKT**

URBAN, Antonín. Dispoziční řešení malé obrobny v rámci dané firmy.

---

Tato práce se zabývá tvorbou návrhu dispozičního řešení obrobny součásti pro uložení ložiska při ročním nákladu 70000 ks/rok. Teoretická část se zabývá problematikou spojenou s návrhy výrobních provozů. V praktické části jsou provedeny přesné kapacitní propočty na základě, kterých bylo vypracováno dispoziční řešení obrobny vybavené konvenčními stroji. Dále byla vyhotoven ještě jeden návrh, který k výrobě součásti využívá CNC obráběcí frézky. Na závěr jsou obě varianty vůči sobě porovnány.

**Klíčová slova:** Dispoziční řešení, obrobna, kapacitní propočty, uspořádání, využití, dělník, manipulace s materiálem

## **ABSTRACT**

URBAN, Antonín. Disposition draft of a small machine shop within a small company.

---

This thesis is focused on the process of making a disposition draft of a small machineshop producing 70000 bearing housings per year. Theoretical part of this thesis is focused on fundamentals of designing machining production units. Practical part describes in detail the process of designing dispositional solution for the machineshop which is based on performed capacity calculations. These calculations were used as a guide in the process of designing two different machineshops. The first one is fitted with conventional machining devices whereas the second machineshop uses CNC mills to produce the housing. These two projects are compared to each other to give reader a better picture on which machineshop of the two is better.

**Keywords:** Dispositional solution, machineshop, capacity calculations, arrangement, utilization, worker, material manipulation

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

URBAN, Antonín. *Dispoziční řešení malé obrobny v rámci dané firmy* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132159>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Marek Štroner.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

.....  
Datum

.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto chci poděkovat panu Ing. Markovi Štronerovi, Ph.D. za vstřícný přístup, nepostradatelné rady a připomínky při tvorbě této bakalářské práce. Velké díky patří Tomášovi Říhovi a Lukášovi Pacherovi ze společnosti KovoRoz s. r. o. za ochotu a vůli na tomto projektu spolupracovat. Dále chci poděkovat mé rodině za nezměrnou podporu po celou dobu studia

# OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Str.

ÚVOD .....	9
1 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY .....	10
1.1 Postup sestavení a realizace návrhu .....	10
1.1.1 Diagnostika .....	10
1.1.2 Sběr informací .....	10
1.1.3 Rozbor .....	11
1.1.4 Návrh .....	11
1.1.5 Realizace .....	11
1.2 Technologický projekt .....	12
1.3 Postup detailního navrhování provozů a dílen .....	13
1.4 Způsoby rozmíst'ování pracovišť .....	14
1.4.1 Volné uspořádání .....	14
1.4.2 Technologické uspořádání .....	14
1.4.3 Předmětné uspořádání .....	15
1.4.4 Modulární uspořádání .....	15
1.4.5 Buňkové uspořádání .....	16
1.4.6 Kombinované uspořádání .....	16
1.5 Tvorba Projektu obrobny .....	16
1.5.1 Vzájemné uspořádání soustruhů .....	17
1.5.2 Vzájemné uspořádání frézek .....	18
1.5.3 Vzájemné uspořádání radiálních vrtaček a vodorovných vyvrtávaček .....	18
1.6 Návod pro rozmíst'ování strojů z hlediska bezpečnosti práce .....	19
1.7 Stanovení rozměrů výrobní haly .....	21
1.8 Rozdělení druhů kapacitních propočtů .....	23
1.8.1 Přesné kapacitní propočty .....	24
1.8.2 Přibližné kapacitní propočty .....	24
1.8.3 Optimalizační kapacitní propočty .....	24
1.8.4 Simulační kapacitní propočty .....	24
2 PRAKTICKÁ ČÁST .....	25
2.1 Součást .....	25
2.2 Přesné kapacitní propočty .....	25
2.2.1 Efektivní časové fondy .....	25
2.2.2 Výpočet množství potřebných pracovišť .....	26
2.2.3 Počet potřebných pracovníků .....	29
2.2.4 Plocha podniku .....	30
2.3 Dispoziční řešení .....	32
2.3.1 Varianta s konvenčními stroji .....	32
2.3.2 Varianta s CNC obráběcími stroji .....	34
2.4 Zhodnocení návrhů .....	36
3 ZÁVĚR .....	38



## ÚVOD [1], [2], [3], [8], [9]

Vlivem neustálého zvyšování nároků tržního systému je každý úspěšný výrobní podnik čas od času upravit stávající nebo vytvořit nový výrobní systém. Může se jednat o snížení výrobních nákladů, snížení účasti člověka na výrobě, zvýšení produktivity podniku nebo snížení zanechávané ekologické stopy. Přípravou a zpracováním takových inovačních procesů z hlediska technologického i ekonomického se zabývá technologická příprava výroby, dále jen TPV.

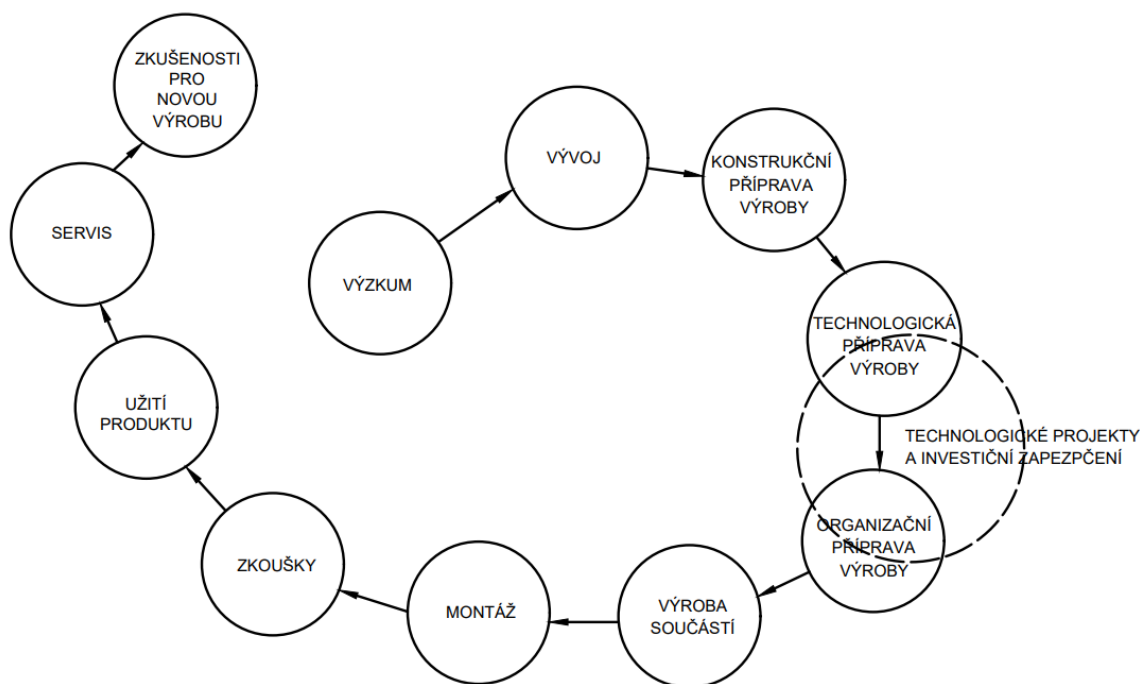
Součástí TPV je i příprava dispozičního řešení výroby. To se zabývá určením počtu potřebných pracovních sil (výrobní a pomocní dělníci, konstruktéři, technologové a administrativní pracovníci) a výměrou plochy k umístění nejen výrobních prostředků, ale i prostorem pro sociální zařízení, kanceláře a dopravní cesty. Názorná ukázka dispozičního řešení obrobny, kterým se zabývá tato práce je znázorněna na obr. 1.



Obr. 1 Příklady výsledků práce při dispozičním řešení obrobny [8], [9]

# 1 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY [1], [3], [4]

Technologická příprava výroby se zabývá činností zaměřenou na návrh variant technologie výroby a technicko-organizačních variant uspořádání výrobních systémů vzhledem k optimálnímu využití všech výrobních činitelů, které mají vliv na efektivnost a produktivitu výrobního procesu. Úkolem technologické přípravy výroby je navržení optimální konstrukce výrobku, určení ekonomicky nejvýhodnějšího způsobu jeho výroby a vypracování technicko-organizačního projektu výroby. Právě technicko-organizační projekt výroby je hlavní náplní technologického projektování. Jedním z výstupů této činnosti je dispoziční řešení, kterým se převážně tato práce zabývá. Na dispoziční řešení dále navazují práce spojené s návrhem stavby, rozvodů tepla, tlakového vzduchu, elektrické energie.



Obr. 2 Postavení TPV v cyklu vývoje výrobku [1]

## 1.1 Postup sestavení a realizace návrhu [1], [3], [4]

V praxi se lze setkat s racionalizací stávajícího provozu nebo s méně častým úkolem návrhu nové výroby. Pro vytvoření dobrého návrhu je nutné systematicky postupovat se držet metodického postupu, který bude popsán v této kapitole.

### 1.1.1 Diagnostika [1], [3], [4]

Za předpokladu že se jedná o inovativní projekt ve stávající výrobě jde o prvotní seznámení s řešeným problematickým jevem a nastínění jeho příčin a důsledků. Diagnostika zajistí řešiteli racionální a objektivní náhled na věc. Tento úkol je většinou zadáván dlouholetým zkušeným pracovníkům, kteří jsou ve stávajícím systému zbláhli a znají závislosti mezi jednotlivými jevy včetně nejmenších nuancí.

### 1.1.2 Sběr informací [1], [3], [4]

Sběr dat je velmi důležitou částí při tvorbě návrhu. Na nashromážděných informacích přímo závisí další kroky vrcholící realizací projektu. Pokud se návrh zabývá složitou problematikou může být sběr potřebných informací složitý a zdlouhavý. Proto je dobré si uvědomit která data jsou důležitá pro další úkoly projektu a která ne. S určením toho, která data

jsou zapotřebí a kterých dat je zapotřebí co nejdříve významnou měrou napomáhá diagnostika. Zdroje informací lze dělit na zdroje z evidence a z pozorování. Informace z evidence jsou snadno dostupné archivů a databází ale nepodávají často reálný náhled na věc kvůli jejich kumulaci postupem času. Informace z pozorování se poměrně špatně získávají, zato ale podávají přesný a objektivní pohled na danou problematiku. Samotná nezpracovaná data jsou při tvorbě návrhu k ničemu, proto je nutné je správným způsobem statisticky a matematicky zpracovat.

### **1.1.3 Rozbor [1], [3], [4]**

Při rozboru se vezmou nasbíraná data a hledají se možné vztahy a souvislosti. Výstupem má být několik možných variant řešení dané problematiky. Pokud se návrh zabývá obsáhlou problematikou může rozborová analýza zkoumat i procesy kterými jsou např. výrobní proces a míra jeho automatizace, materiálové toky a manipulace s materiálem, ergonomie pracoviště, kvalifikace a schopnosti pracovních sil. Při návrhu jednotlivých variant je zapotřebí pečlivosti a objektivního náhledu na víc pro vznik řešení které má největší přidanou hodnotu a přinese největší pokrok.

### **1.1.4 Návrh [1], [3], [4]**

Z praxe víme že žádný projekt není plně opakovatelný. Jediné, o co se mohou řešitelé opřít jsou vlastní zkušenosti a realizované podobné projekty. Varianty řešení vzniklé v předchozí etapě jsou projektanty dále rozpracovávány a ekonomicky vyhodnoceny. Pokud jeden z návrhů dostane zelenou zbývá zpracovat veškerou technickou dokumentaci, časový plán realizace projektu a návrh náběhu výroby.

### **1.1.5 Realizace [1], [3], [4]**

Znamená, montáž, uvedení do provozu a případné zaškolení personálu. Tato poslední etapa k završení projektu ukáže, jak dobře byl projekt navržen a exekvován. Již v průběhu realizace projektu se můžou projevit případné nedostatky v technické a organizační dokumentaci a významně tak ovlivnit finanční bilanci celého plánu. Po uvedení do provozu se zase ukážou chyby v koncepci řešení a v ekonomickém hodnocení.

Realizaci projektu je možné zabezpečit více způsoby. Prvním je realizace dodavatelem, tj. firma zaplatí dodavateli který se o vše postará a když je práce dokončena sepíše se předávací protokol stvrzující, že zákazník přebírá funkční provoz pod svou ochranu. Projekty lze též provést čistě vlastními silami, nebo kombinovaně.

Doba realizace návrhu by měla být co nejkratší, aby negativní dopady tohoto období na záměr a ekonomickou bilanci byly co nejmenší. V neposlední řadě je nutné si udělat závěrečné vyhodnocení návrhu a pokud možno poučit se z nadělaných chyb.

## 1.2 Technologický projekt [1], [2], [3], [4]

S výrobou součásti souvisí návrh možných variant výrobního systému vzhledem k optimálnímu využití všech výrobních zdrojů, které ovlivňují efektivnost a produktivitu výrobního procesu. Výsledkem práce projektanta je dispoziční řešení, tj. návrh optimálního rozmístění strojů a zařízení pro zaručení hladkého chodu výroby. Na tento návrh navazuje detailní zpracování stavebního celku od rozvodů tepla a elektrické energie až po rozvod tlakového vzduchu. Celý projekt se nakonec ekonomicky hodnotí z hlediska jeho rentability.

Výrobní závod se dá představit jako systém který se skládá z mnoha prvků a vztahů mezi nimi.

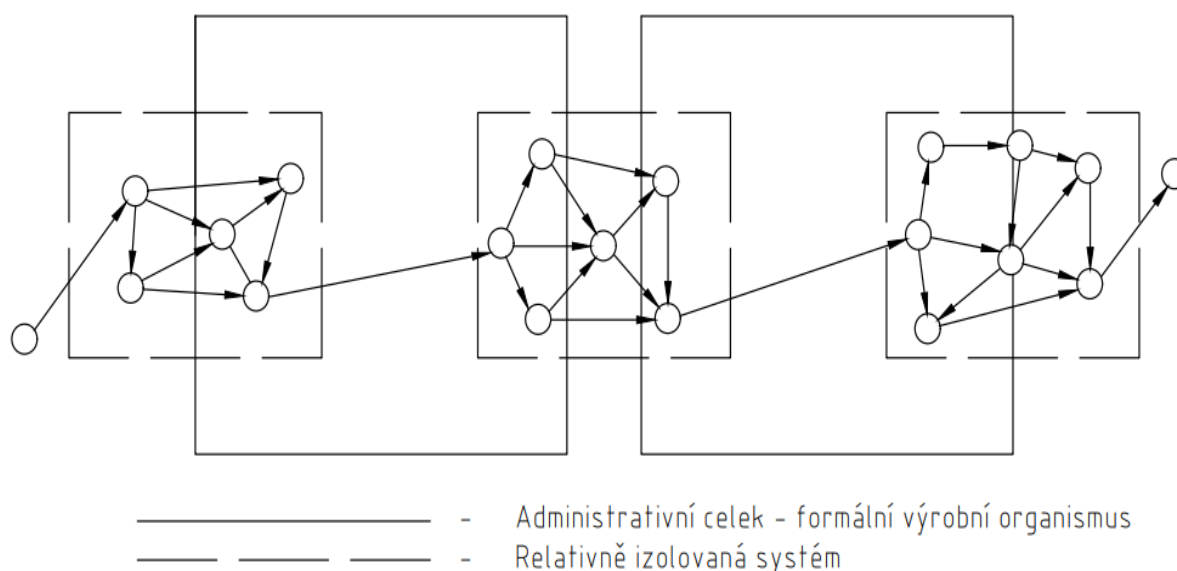
Pod prvky si lze představit např:

- Pracovníci s určitými kvalifikačními vlastnostmi.
- Stroje a zařízení.
- Surovina, materiál, subdodávky, ze kterých je tvořen výrobek.

Vztahy projektovaného systému jsou:

- Pracovní postupy a technologické vazby (obrobit a až pak kalit).
- Využití druhy energie při výrobě produktu
- Vazby konstrukčního rázu, jejichž výsledkem je konstrukce výrobku nebo služba pracovního procesu
- Organizační vazby zajišťující hladký chod navrhovaného provozu

V praxi se osvědčilo, že se snáze řídí a inovuje systém který má málo vazeb s ostatními systémy a hodně vazeb mezi jednotlivými prvky uvnitř. Proto se běžně projektuje výroba a montáž odděleně. Pokud se rozhodneme obrobnu osadit novými stroji musíme počítat s tím, že bude potřeba upravit uspořádání strojů, zásobování materiálem nebo zvýšit kvalifikaci obsluhy, aby byl plně vytižen ekonomický potenciál dané inovace. Grafické znázornění je na obr. 3.



Obr. 3 Tři relativně izolované systémy na rozdíl od dvou formálních výrobních organismů [1]



### 1.3 Postup detailního navrhování provozů a dílen [1], [2], [3], [4]

Vytváření projektu výrobního generelu je komplexní a složitá činnost, která vyžaduje mnoho znalostí a zkušeností. Pokud je k projektu přistupováno laxně nevznikne z toho nic dobrého. Základem úspěšného návrhu jakéhokoliv projektu je dostatečné množství přesných a pravdivých informací, které jsou dále zpracovávány. Výstupy a závěry z kvalitních dat v budoucnu přispějí k úspěšnému zavedení dílny do provozu a bezproblémové fungování v následujících letech. V následující tabule č. 1 je sestaven seznam a sled základních činností, kterými by si projektant měl projít.

Tab. 1 Činnosti a jejich sled při tvorbě projektu dílny. [1], [2].

I. Přípravné období	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Neustálé sledování novinek v oblastech navrhování projektů, nejnovějších výrobních technologií, strojů a zařízení.</li><li>2. Počáteční formulace úkolu a cíle řešeného projektu.</li><li>3. Sběr potřebných dat a informací.</li><li>4. Podrobný rozbor, jeho zhodnocení a určení směrů, kterými se projekt může ubírat.</li></ol>
II. Kapacitní propočet	<ol style="list-style-type: none"><li>1. stanovení časových fondů zaměstnanců a strojů.</li><li>2. Určení počtu potřebných strojů a ručních pracovišť.</li><li>3. Výpočet Využití strojních pracovišť a případná korekce počtu strojů za účelem zvýšení vytíženosti.</li><li>4. Volba vhodných strojů a výrobních zařízení.</li><li>5. Výpočet potřebného počtu strojních a ručních dělníků.</li><li>6. Výpočet počtu pomocných a obslužných dělníků.</li><li>7. Stanovení potřeby administrativních, inženýrských a technologických zaměstnanců.</li><li>8. Výpočet potřeby výrobních, pomocných, správních a sociálních ploch.</li></ol>
III. Navrhovací činnosti	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Volba konstrukce budov (šířka lodi, délka, rozpětí nosných sloupů).</li><li>2. Volba typu uspořádání strojů (technologické, předmětné atd.).</li><li>3. Rozmístění strojů a ručních pracovišť.</li><li>4. Plošné rozvržení dílen hlavní výroby a skladů.</li><li>5. Návrh způsobu manipulace s materiálem a třískovým odpadem</li><li>6. Podrobné řešení uspořádání pracovišť v návaznosti na dodržení bezpečnostních předpisů a ergonomických doporučení.</li><li>7. Návrh způsobu a umístění stanoviště kontroly.</li><li>8. Zpracování návrhu materiálového hospodářství (dodávky polotovarů, dimenzování skladů, export).</li><li>9. Ekonomické zhodnocení návrhu.</li></ol>
IV. Formální stránka návrhu	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Zpracování technické správy a výkresové dokumentace.</li></ol>

## 1.4 Způsoby rozmístování pracovišť [1], [2], [3], [6], [20]

Pod slovem pracoviště se lze představit místo kde pracovník vykonává zadanou práci. Velikost pracoviště je udávána v  $m^2$  a jejich výměra je předmětem kapacitního propočtu. Každé pracoviště by mělo splňovat požadavky norem pro bezpečnosti práce a hygienické podmínky. V neposlední řadě je vhodné pamatovat na ergonomii pracoviště (osvětlení, míra hluku, vybavení, dostatečná výměna vzduchu).

Výrobní pracoviště se dělí na strojní a ruční. Strojním pracovištěm se rozumí plocha, kterou zabírá stroj, nutný prostor kolem stroje a plocha určená pro obsluhu. Do ručního pracoviště spadají plochy obsazené stroji a příslušenstvím které potřebuje dělník k výkonu práce.

Při tvorbě dispozičního řešení je postupováno tak, aby bylo dosaženo optimálního rozložení strojů vzhledem k hospodárnosti výroby, materiálovému toku a minimální manipulaci s materiálem.



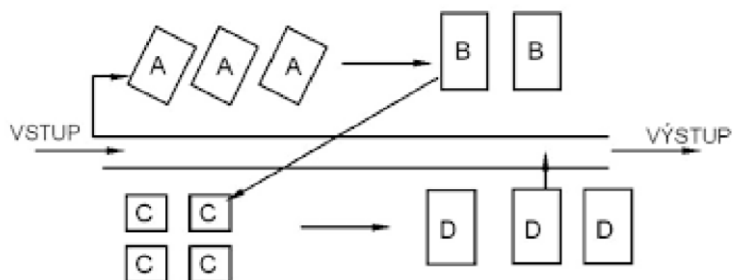
Obr. 4 Příklad technologického uspořádání konvenčních soustruhů z první poloviny dvacátých let [20]

### 1.4.1 Volné uspořádání [1], [2], [3], [6]

Tohoto uspořádání jsou pracoviště rozmístěna po prostoru zcela nahodile. Tento typ rozmístění se využívá, pokud není možné předem stanovit materiálový tok a technologický sled operací. Volné uspořádání je vhodné jen pro kusovou výrobu takže např. prototypové, údržbářské a domácí dílny. I tak je ale nutné dodržovat základní technologická a bezpečnostní pravidla (nelze postavit buchar vedle brusky, došlo by k ovlivnění přesnosti brusky). Tento typ uspořádání se ve strojírenství vyskytuje jen velmi zřídka.

### 1.4.2 Technologické uspořádání [1], [2], [3], [6]

Při tomto uspořádání se sdružují podobné technologické operace k sobě a dle těchto zásad jsou k sobě umísťovány technologicky příbuzné stroje. Například všechny operace spojené se svařováním se provádí na svařovně a vše spojené s kováním se provádí v kovárně. Přejde-li se ještě o řád níže, lze takto uspořádat i jednotlivé stroje. Na obrobne budou tedy všechny soustruhy, frézy, brusky ve vlastní skupině pohromadě viz obr. 5. Dílny s takovýmto uspořádáním strojů většinou zpracovávají široké spektrum různorodých součástí tudíž není jednoznačně určit tok materiálu a každý výrobek putuje dílnou odlišně. Tento typ uspořádání strojů je nejčastěji využíván v prototypových, údržbářských a učňovských dílnách kde produkce nabývá kusového nebo malosériového charakteru. Mezi hlavní výhody tohoto systému patří možnost vícestrojové obsluhy, změna výrobního programu neovlivňuje výrobu, při správném řízení se dá dosáhnout lepšího využití strojů, údržba strojů se snadno provádí a při poruše jednoho stroje se

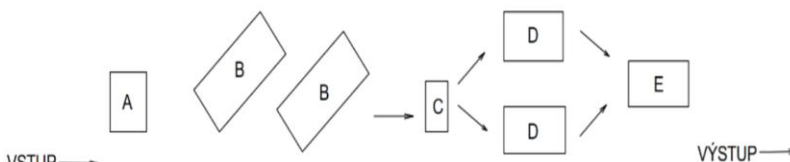


Obr. 5 Náčrt technologického uspořádání pracovišť [2]

nenaruší výroba. Při technologickém rozmístění jsou často problémy komplikovanými a dlouhými materiálovými toky a s tím spojené zvýšené náklady na manipulaci. Díky složitějším materiálovým tokům, které navíc často nemají jednotný směr se musí uličky budovat širší, tím pádem se celkově zvyšují nároky na velikost výrobní plochy.

### 1.4.3 Předmětné uspořádání [1], [2], [3], [6]

Při rozmísťování pracovišť podle tohoto systému se stanoviště řadí za sebou podle technologického postupu předepsaného pro danou součást. V procesu výroby mají výrobky jednotný směr materiálového toku. Pro lepší představivost je předmětné uspořádání znázorněno na obr. 6. Stroje se dají uspořádat pro technologicky a tvarově příbuzné součásti. Dílny s takovýmto uspořádáním pak nazýváme dílny specializované jako např. ozubárna, hřídelárna, přírubárna. Pokud se v provozu vyrábí větší sortiment součástek, které nemají stejný sled operací



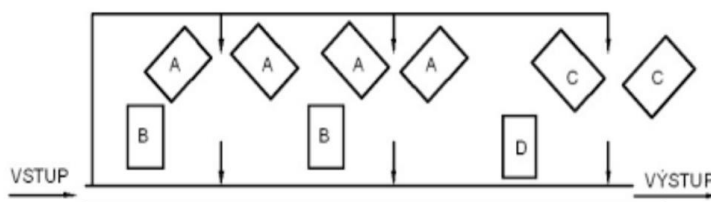
Obr. 6 Náčrt předmětného uspořádání pracovišť [2]

uspořádají se stroje podle nejdůležitějšího kritéria. Tím může být rozměr, četnost nebo hmotnost součástí. Takto vzniklé linky nazýváme vícepředmětné. Ideálního předmětného uspořádání lze dosáhnout, pokud je linka sestavena pouze pro jednu součást. Tu lze dále zautomatizovat, osadit jednoúčelovými stroji a mezioperační dopravu zajistit dopravníkem. Takto lze dosáhnout velmi vysoké produktivity a malých výrobních nákladů ale, linka postrádá veškerou versatilitu. Předmětné uspořádání pracovišť se používá středním a středně těžkým strojírenstvím pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Pracovní síla nemusí být nijak vysoce kvalifikována, často stačí jen prosté zaučení. Hlavními výhodami jsou kratší manipulační dráhy a mezioperační časy, zkracuje se průběžná doba výroby a jsou menší nároky na velikost skladovacích a výrobních ploch. Na druhou stranu změna výrobního programu často vyžaduje významný zásah do rozmístění pracovišť a je časově a finančně náročná. Pokles výrobního objemu znamená, že na strojích klesá využití strojů což má negativní vliv na výnosnost celého projektu. Výrobní linky jsou často osazeny speciálními jednoúčelovými stroji, které jsou drahé na pořízení i údržbu.

### 1.4.4 Modulární uspořádání [1], [2], [3], [6]

Je charakteristické umísťováním strojů do podobných modulů. Jeden modul je zároveň schopen provádět více technologických úkonů. Typickým příkladem modulárního uspořádání je skupinové nasazení NC strojů v klasicky řízené dílně, nebo soustředění více obráběcích center [1]. Takto osazená pracoviště mají vysokou produktivitu práce, a proto mají přednost v zásobování náradím, materiálním zabezpečení a v plánovacím programu výroby. Obzvláště výhodný je pro modulární systém dvou nebo tří směnný provoz.

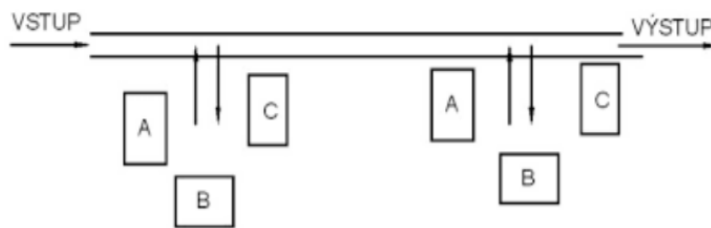
Stroje si drží dobrou produktivitu práce, mezioperační časy i manipulační dráhy jsou malé, proces výroby je poměrně dobře regulovatelný. Z projektového hlediska je příprava takového provozu náročná a používané stroje mají vyšší pořizovací cenu. Grafické znázornění je na obr. 7.



Obr. 7 Náčrt modulárního uspořádání pracovišť [2]

### 1.4.5 Buňkové uspořádání [1], [2], [3], [6]

Je tvořeno jedním nebo více vysoce výkonnými výrobními stroji, které mají plně robotizované okolí, tj. podávací robot, dávkovací zásobník, polohování dílů, manipulační ramena atd. Celá buňka je řízena vlastním řídicím systémem, který obvykle bývá připojen na nadřazený centrální operační systém. Realizace buňkového provedení vyžaduje důkladnou předrealizační projektovou přípravu, standardizaci a zpracování skupinových technologických postupů. Buňka musí být zabezpečena stálým, dostatečně objemným výrobním programem. Přípravné operace nebo výměny nástrojů probíhají v čase trvání hlavních technologických operací. Takováto stanoviště se hodí nejvíce pro třísměnný provoz. Buňky disponují vysokou produktivitou práce, veškeré pomocné práce jako jsou výměny nástrojů nebo manipulace s dílem jsou automatizovány. To znamená snížení mezioperačních časů, zvýšení konzistentnosti práce stanoviště a eliminace lidského faktoru. Díky automatizaci je vždy dodržen technologický postup, zmetkovitost klesá a kvalita výrobků stoupá. Buňkové uspořádání má více méně stejné nedostatky jako upořádání modulární (obr. 8).



Obr. 8 Náčrt buňkového uspořádání pracovišť [2]

### 1.4.6 Kombinované uspořádání [1], [2], [3], [6]

Při navrhování velkých výrobních jednotek se dá jen zřídka vyjít jen s jedním uspořádáním pracovišť. Proto se mohou navrhovat dvě různá na sebe navazující dispoziční řešení podle konkrétní potřeby. Příkladem může být podnik, který má velký podíl své produkce tvořen jednou součástí, pro který je vytvořena linka. Zbytek výrobního programu je tvořen různými díly o menších sériích, zde je vhodnější technologické uspořádání.

## 1.5 Tvorba Projektu obrobny [1], [2], [3], [28]

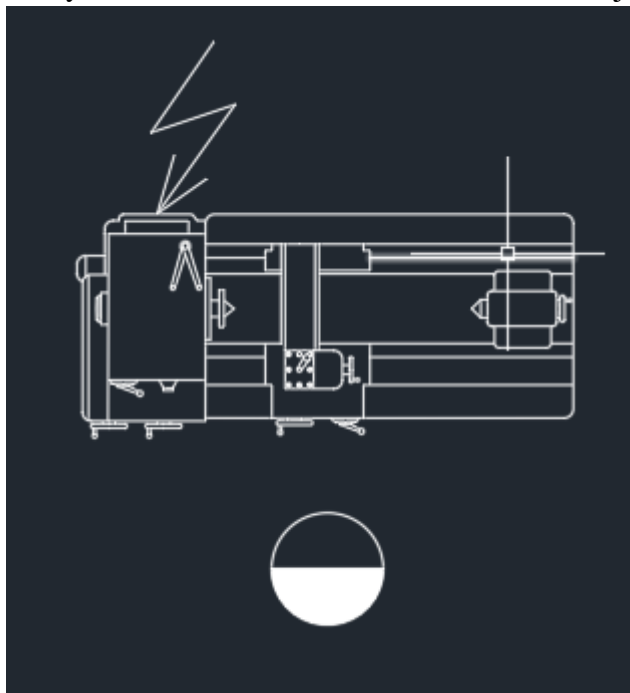
Návazným provozem na dílny jako lisovna, slévárna, kovárna je obvykle obrobna, která na součásti vnese funkční rozměry a z polotovarů se tak stávají plně použitelné součásti. V rámci podniku musí být tím pádem obrobna správně umístěna. Pokud je zjištěn potřebný počet strojů, ručních pracovišť a ploch může se přistoupit k volbě rozpětí haly a na základě toho vypočíst délku lodi. Převažující hlavní výrobní technologie se rozmísťují podle zvoleného materiálového toku. Technologií pro třískové obrábění je více a každá se hodí na jiné pracovní úkony. Následující výčet shrnuje základní obráběcí technologie a jejich varianty.

- Soustružení – hrotové soustruhy, jedno a dvoustojanové svislé soustruhy, revolverové soustruhy, poloautomatické a automatické jednovřetenové a vícevřetenové soustruhy.
- Frézování – svislé, vodorovné, a universální konzolové nebo stolové frézky, kopírovací frézky, rovinné frézky, portálové frézky, nástrojařské frézky.
- Vrtání – jednovřetenové vrtačky, stolní, sloupové, řadové, otočné vrtačky, pojízdné otočné vrtačky, souřadnicové vrtačky, vícevřetenové vrtačky.
- Vyvrtávání – stolové a deskové vodorovné vyvrtávačky, portálové vyvrtávačky, jemnovyvrtávací stroje.
- Broušení – hrotové brusky, jedno a více vřetenové, bezhroté brusky, brusky na díry, klikové brusky, vodorovné a svislé rovinné brusky, ostříčky, dvoukotoučové brusky.



- Hoblování a obrážení – jedno a dvoustojanové hoblovky, hoblovky na hrany plechů, vodorovné a svislé obrážky.
- Výroba ozubení – odvalovací obrážky, frézky a brusky na ozubení, ševingovací stroje.

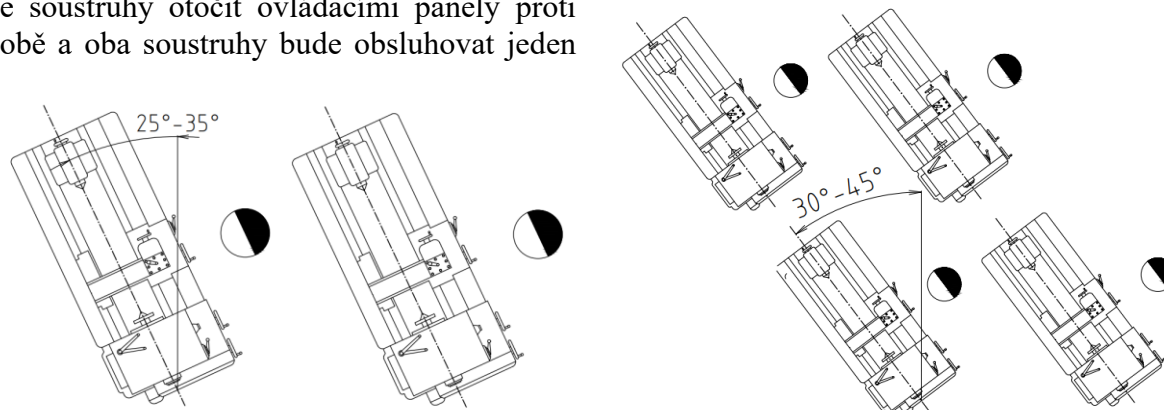
V blízkosti hlavního vjezdu se obvykle nachází vstupní sklad materiálu, menší řezárnu případně navrtávací zařízení, pokud se jedná o výrobu hřidelů. Sklad hutního materiálu a řezací stanoviště se mohou umístit do vlastní budovy mimo obrobnu. Jako další se umísťuje mezioperační sklad, který obvykle bývá v polovině materiálového toku. Po meziskladu se situuje kontrolní pracoviště, kterých může být víc např. jedno v průběhu výroby a jedno na konci procesu. V neposlední řadě je nutno pamatovat na výstupní kontrolu a sklad kde se shromažďují hotové součásti připravené na expedici a třískový odpad. Odpadní materiál se také může skladovat mimo výrobní halu ve velkoobjemových kontejnerech, nákladní automobil pak jednoduše plný kontejner naloží a odveze odpad na šrotiště. Umísťované stroje včetně půdorysu haly se obvykle kreslí v měřítku 1:100, ve výjimečných případech také v měřítku 1: 50 pro malé provozy a 1: 200 pro provozy velké. Obvykle ve využívá půdorysných obrysů nebo importovatelných maket strojů, pokud jdou sehnat viz obr. 9.



Obr. 9 Importovaný model soustruhu SN 32 v prostředí programu AutoCAD 2022 [28]

### 1.5.1 Vzájemné uspořádání soustruhů [1], [2], [3]

Konvenční stroje jsou nejčastěji vůči hlavní ose haly pootočený o určitý úhel, jak je znázorněno na obr. 10. Je tomu tak aby odletující třísky od soustruhu neohrožovaly pracovníka na vedlejším pracovišti. Pootáčení strojů se také používá v případě, pokud se stroj nevejde mezi stěnu haly a dopravní cestu rovně. Natočení zajišťuje, že se stroj vejde do haly, aniž by se musela rozšiřovat. U modernějších soustruhů je již běžné kompletní zakrytování, a tak problém s nebezpečnými třískami odpadá. Důvodem šikmého uspořádání pak je úspora prostoru a pohodlné zavážení polotovárů ke stroji. Pokud jsou obráběcí operace dostatečně dlouhé můžou se soustruhy otočit ovládacími panely proti sobě a oba soustruhy bude obsluhovat jeden



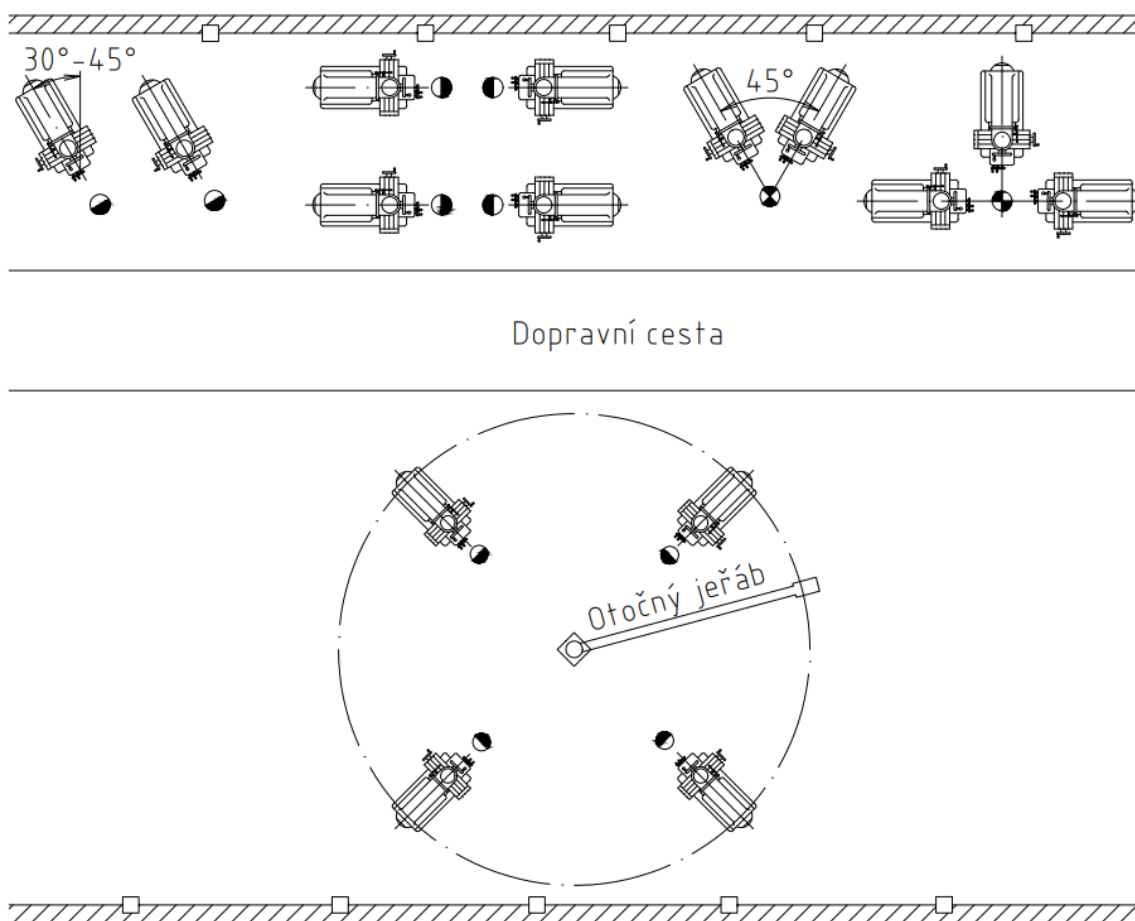
dělník.

Obr. 10 Grafické znázornění doporučeného natočení soustruhů v hale [1]

Úhly natočení soustruhů se obvykle pohybují v rozsahu  $25^\circ$  až  $45^\circ$  podle potřeby. Pokud je soustruh hodně dlouhý a chceme, aby se vešel, může se zajít až na hodnotu  $65^\circ$ . Soustruhy na těžké obrobky, kde je s obrobky manipulováno převážně jeřábem nebo vysokozdvizným vozíkem jsou obvykle umísťovány vřeteníkem ke stěně, aby se materiál do stroje dostával snadněji.

### 1.5.2 Vzájemné uspořádání frézek [1], [2], [3]

Frézky se můžou umísťovat podobně jako soustruhy pod úhlem  $30^\circ$  až  $45^\circ$  viz obr. 11. vlevo. Důvody jsou obdobné, snížení rizika zranění od odlétávajících třísek, pohodlné zavážení polotovarů a úspora strojní plochy. Jelikož bývají strojní časy frézovacích operací delší jsou zde lepší podmínky pro realizaci vícestrojové obsluhy, pro kterou se musí upravit i dispoziční řešení takového strojního pracoviště. Zároveň se musí pamatovat na přísun a odsun materiálu, odkládací plochy a odvoz třískového odpadu. Stanoviště, kde jeden obráběč obsluhuje více strojů (obr. 11 napravo) se frézky můžou umístit do kříže, pod úhlem  $45^\circ$  nebo dva stroje proti sobě. Pokud jsou obráběny rozměrné a těžké součásti, můžou být frézky umístěny v akčním rádiu otočného jeřábu orientované tak aby se součást dobře zakládala.



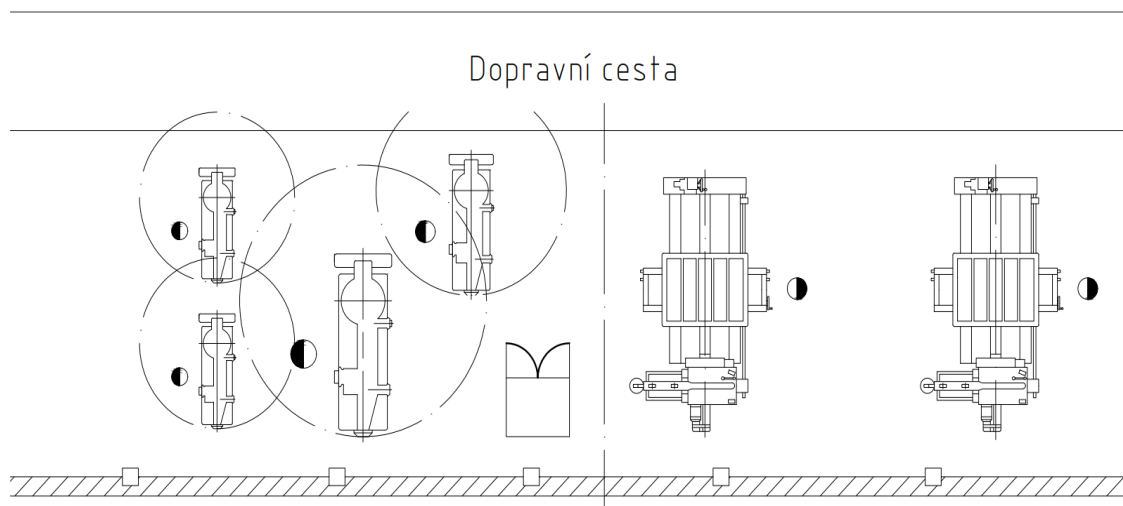
Obr. 11 Grafické znázornění umístění frézek vůči hale [1]

### 1.5.3 Vzájemné uspořádání radiálních vrtaček a vodorovných vyvrtávaček [1], [2], [3]

Pro radiální vrtačky se využívá pouze podélného a příčného usazení stroje vůči ose haly. Jakékoliv šikmé umístění vede akorát k nadměrné spotřebě strojního prostoru. Radiální vrtačky mají plně otočná ramena, ale umísťovat stroje tak aby se ramena v žádném případě nestřetla by nebylo hospodárné co se plochy týče. Vrtačky se tedy rozmísťují tak aby se ramena nepotkávala v pracovní poloze, jejich působná pole se mohou překrývat, lze vidět na obr. 12 vlevo. Ke střetu může dojít jenom pokud se bude zakládat nebo vyndávat velký obrobek nebo při čištění stolu.

Pokud se k čištění nově vyvrtaných děr používá stlačený vzduch, je vhodné pracovníky u vedlejších strojů ochránit před potenciálním úrazem přenosnou zástěnou.

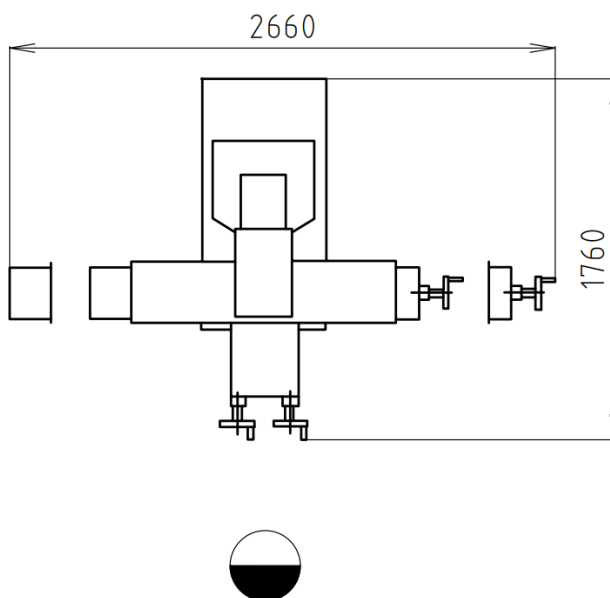
Na vodorovných vyvrtávačkách se obvykle obrábí rozměrné díly různých tvarů. Proto musí být kolem strojů dostatečný prostor pro odkládání a manipulaci s obrobky. Nejvýhodnější je umístit stroj tak, aby byl pohyblivý vřeteník u stěny haly a vřeteno směřovalo hlavní dopravní cestě. V zásadě je tedy nejlepší umístit radiální vyvrtávačku kolmo k hlavní ose lodi, jak je znázorněno na obr. 12 vpravo.



Obr. 12 Grafické znázornění umístění radiálních vrtaček vlevo a vodorovných vyvrtávaček vpravo [1]

## 1.6 Návod pro rozmíst'ování strojů z hlediska bezpečnosti práce [1],[2], [3]

Na výkrese dispozičního řešení se zakresluje vnější obrys stroje (obr. 13). U strojů, které mají pohyblivé části je nutno tyto části zakreslovat i v jejich krajních polohách (frézky, brusky). I když je cílem při tvorbě dispozičního řešení ušetřit co nejvíce místa, je nutné dodržovat základní projektantské zvyklosti a předpisy pojednávající o bezpečnosti a hygieně při práci. Je nutné vědět kde bude obsluha stát vůči stroji. Pokud se v provozu budou obrábět těžké díly a hala nemá jeřáb, musí se ke stroji naprojektovat sloupový jeřáb nebo jiný manipulační prostředek. Do půdorysu se kromě strojů a jeřábů kreslí i pracoviště dělníka, regály, palety, skřínky, pracovní stoly, skříně na nástroje apod.



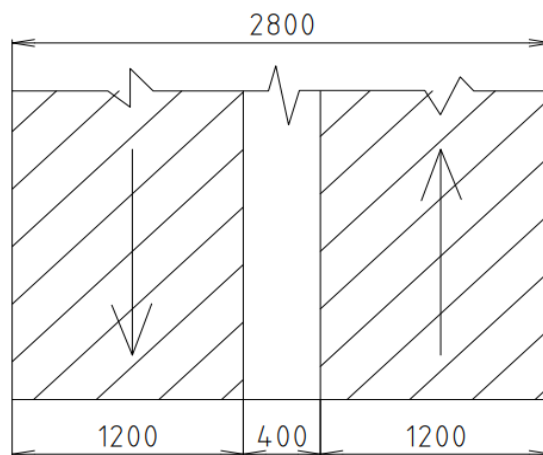
Obr. 13 Náčrt stroje včetně krajních poloh pohyblivého suportu

O projektování průmyslových budov pojednává norma ČSN 73 5105. Následující část této kapitoly se bude zabývat pouze těmi nejdůležitějšími předpisy o kterých tato norma pojednává. Například komunikace pro pracovníky, které slouží ke spojení jednotlivých pracovišť a skladů, ale nejsou zároveň cestami únikovými se dimenzují podle toho kolik dělníků projde po cestě za minutu. Minimální šířky cest jsou odstupňovány takto:

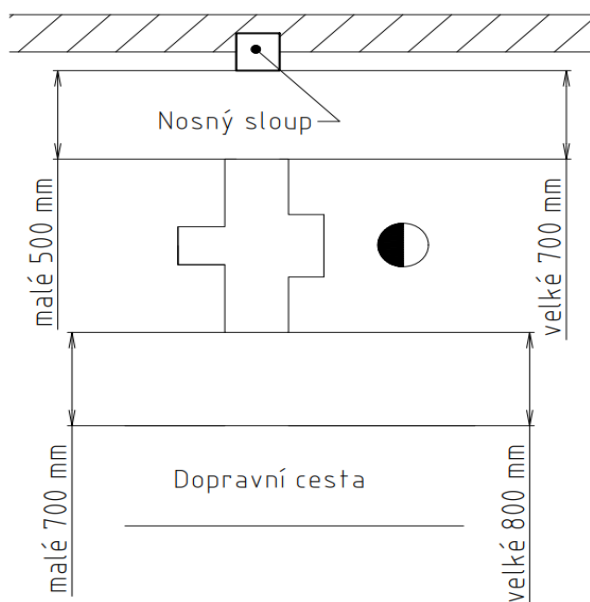
- Do 100 osob za minutu = nejmenší šířka cesty je 1200 mm
- Do 300 osob za minutu = nejmenší šířka cesty je 1800 mm
- Nad 300 osob za minutu = nejmenší šířka cesty je 2400 mm

Komunikační cesty pro dopravu břemen jsou obvykle využívány i pro volný pohyb dělníků. Jedná-li se o cestu kde probíhá obousměrná přeprava nákladu, musí se cesta rozšířit na každé straně o 600 mm a do středu vložit 400 mm široký střetávací odstupový pruh viz obr. 14. Minimální průchozí výška pro pěší je 2100 mm a nesmí být zmenšena žádným výstupkem nebo nájezdem. Průchozí výška pro přepravu nákladu se stanovuje podle výšky dopravní obsluhy, manipulačního zařízení nebo podle výšky nákladu zvětšená o 300 mm, pokud výška břemene přesahuje výšku manipulačního zařízení. Minimální výška průjezdu pro náklad je stanovena na 2400 mm, pokud navíc otvorem bude jezdit automobil pak je minimální výška 3600 mm.

Pokud je v provozu přeprava materiálu realizována přes mostový jeřáb platí zásada, že se břemena nesmí přenášet nad pracovníky. Při umísťování strojů se nechávají 500 mm velké mezery tam, kde jsou prováděny montážní nebo obslužné či údržbové úkony. Pokud z nějaké strany není potřeba ke stroji přístup ani při opravách nebo údržbě nemusí se vzdálenost 500 mm dodržovat. Pokud jsou rozmísťovány stroje mající pohyblivé části, které by potenciálně mohly ohrozit dělníky (hoblovky, brusky) pak musí být dodržena minimální vzdálenost 500 mm i v případě, že oba stroje mají pohyblivé části v krajních polohách. Pokud se část stroje pohybuje mimo pracovní cyklus není třeba bezpečnostní vzdálenost dodržovat.



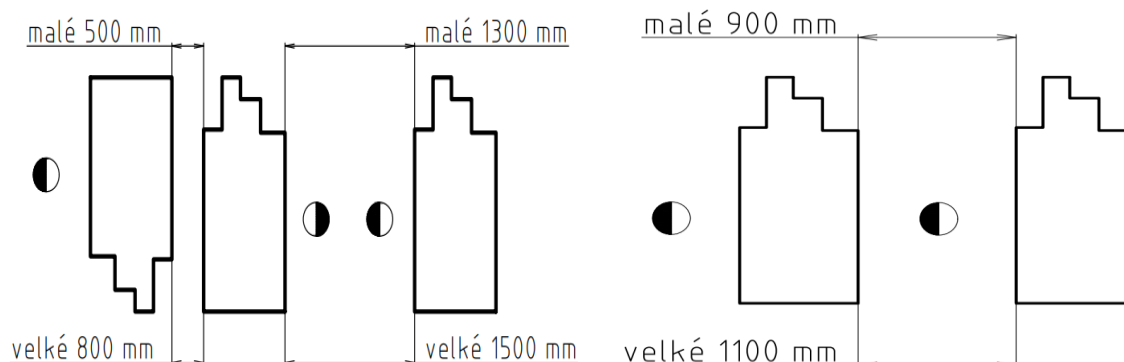
Obr. 14 Náčrt obousměrné cesty s odstavňovým pruhem [3]



Obr. 15 Doporučené vzdálenosti stroje od sloupů a dopravních cest [3]

Příkladem je radiální vrtačka, u které se rameno odsouvá vedle pouze když je zakládán mimořádně velký obrobek. Tím pádem se akční rádiusy vrtaček mohou překrývat.

Stroje nemohou stát na kabelových kanálech. Výjimku mají pouze ty stroje, které jsou konstrukčně upraveny tak, že je umožněno otevřít kanál pod zařízením. Kabelové žlaby nemohou být využívány jako odkládací prostory. Pokud přes kanál vede dopravní komunikace, musí mít kryty adekvátní nosnost, která se volí podle nejtěžšího přepravovaného břemene. Velké zařízení jsou obvykle obsluhováno z vyvýšeného stanoviště dělníka. Pokud je navržená vyvýšená plocha vzdálena od podlahy více jak 500 mm musí být obehnaná zábradlím alespoň 1100 mm vysokým. Doporučené hodnoty bezpečného umístění strojů jsou na obr. 15 a 16.



Obr. 16 Doporučené vzdálenosti mezi stroji proti sobě vlevo a řazené za sebou vpravo [3]

## 1.7 Stanovení rozměrů výrobní haly [1], [2], [3]

Pokud je již známa potřebná plocha dílny může se přistoupit k návrhu budovy. U průmyslových hal se postupem času začaly rozměry typizovat, nejdříve šlo volit šířky hal po třech metrech, ale postupně se přešlo na modul o velikosti 6 m. Volitelné šířky lodí jsou tedy velikosti 12 m, 18 m, 24 m, 30 m, 36 m. Rozteče nosných sloupů jsou obvykle 6, 12 a 18 m. Pokud bude potřeba v hale mostový jeřáb, budou se rozteče sloupů volit menší, aby se zatížení z mostu přes kolejnice rovnoměrněji rozkládalo po konstrukci budovy.

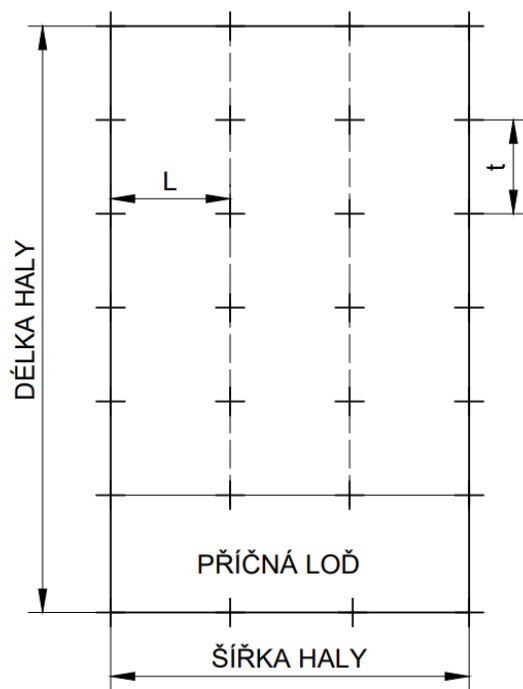
Při navrhování haly je přihlíženo:

- k velikosti, hmotnosti a množství vyráběných výrobků
- k technologii, velikosti strojů a zařízení
- k zvoleným manipulačním systémům a prostředkům
- k hygienickým, bezpečnostním a ergonomickým podmínkám výroby
- k možnosti napojení na ostatní objekty a možnosti dalšího rozšiřování

Nejčastěji se při volbě půdorysu výrobní haly přihlíží k požadovanému technologickému toku. Ve strojírenství je nejběžnější hala o několika (např. čtyřech) rovnoběžných lodích, které jsou na jenom nebo obou koncích spojeny příčnými (sběrnými) loděmi. Obvyklý tvar haly je obdélník [1]. Na obr. 17 je náčrt obvyklé výrobní haly, která má rozpětí lodí  $L$  a rozteč sloupového pole  $t$ . Šířka lodě je volena, jak již bylo řečeno podle velikosti výrobku, rozměrů strojů a bezpečnostních podmínek. O určení šířky haly pojednává obr. 18 a vzorec (1.1).

Podle šířek lodí jsou nanormované i mostové jeřáby. Při návrhu jeřábů v halách je nutné pamatovat na několik základních podmínek. První z nich je že rozpětí jeřábu (vzdálenost mezi osami kolejnic) je menší než šířka haly. Pojezd kočky s hákem je ještě menší než tento rozměr. To má za následek, že kraje lodě jsou prostory kam se vázací hák nedostane. Pokud se jedná o jeřáb s kabinou vzniká pod ní mrtvý bod, kam obsluha nevidí. Konzoly jeřábového pojezdu jsou prodlouženy do příčné lodě, aby se břemena mohla přesouvat i do jiných hal.

Pokud je zvolená šířka haly, může se přistoupit k určení přibližné délky na základě vypočtené potřebné plochy z kapacitních propočtů. Konečná délka lodě se určí až po vyhotovení přesného dispozičního řešení strojů a zařízení a ručních pracovišť. V neposlední řadě pamatovat na příčné uličky.



Obr. 17 Schématický náčrt obvyklé strojírenské haly skládající se z třech podélných lodí [3]

$$L = 2(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) + l_5 \quad (1.1)$$

Kde:  $L$  – rozpětí lodě

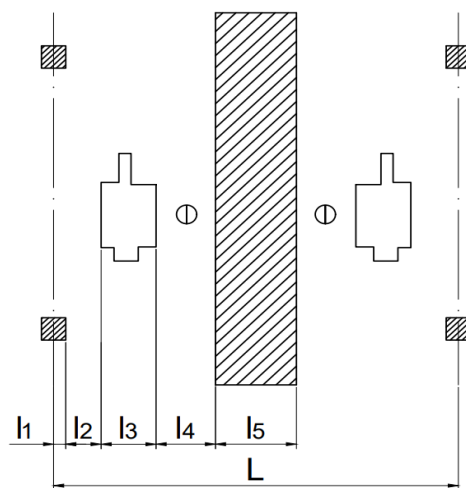
$l_1$  – půlka šířky sloupu

$l_2$  – vzdálenost mezi sloupem a strojem

$l_3$  – šířka největšího stroje

$l_4$  – šířka pracoviště dělníka

$l_5$  – šířka dopravní cesty



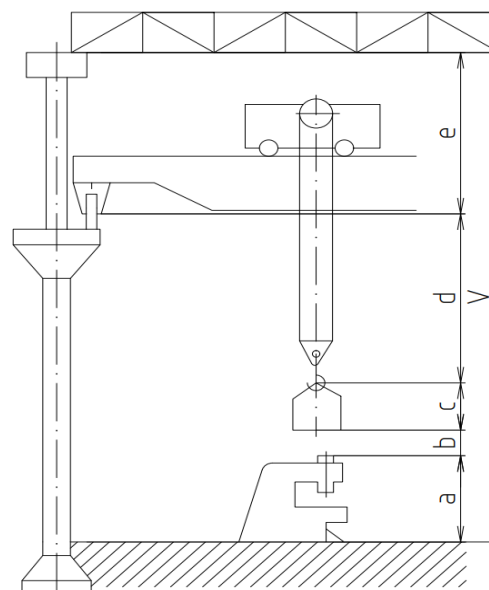
Obr. 18 Náčrt pro volbu šířky lodí [3]



Výška haly se stanoví opět podle nejvyššího stroje, velikosti výrobku, manipulačních prostředků atd. Jak se zjistí výška haly je popsáno v rovnici (1.2) a obr. 19. Pokud je navržena hala příliš vysoká, pak jsou zbytečně vysoké nároky na statiku, zvyšují se náklady na vytápění a osvětlení.

Jedná-li se o halu s mostovým jeřábem musíme znát maximální potřebnou výšku zdvihu háku. Musí se zároveň počítat s délkou vázání největšího břemene nebo s případnou manipulací se stroji při jejich montáži a demontáži.

Pokud je navrhovaná hala bez jeřábu, stanovuje se výška haly podle výšky stohů palet, výšky regálů, výšky portálových a sloupových jeřábů. Nejmenší výška by měla být minimálně 6 m (pokud se jedná o sociální přístavek, minimální výška má být 3,25 m).



Obr. 19 Příčný řez lodí strojírenského podniku [3]

Výška lodi se stanovuje dle následujícího vzorce:

$$V = a + b + c + d + e \quad (1.2)$$

Kde: V – výška lodi

a – výška nejvyššího zařízení

b – mezera mezi dolní hranou břemene a nejvyšším bodem zařízení

c – vzdálenost mezi spodní hranou závěsného břemene a středem jeřábového háku

d – vzdálenost mezi středem jeřábového háku a svrškem kolejnice jeřábového pojezdu

e – vzdálenost mezi svrškem jeřábové kolejnice a vazníkem střešní konstrukce

Pokud je navrhovaná hala bez jeřábu, stanovuje se výška haly podle výšky stohů palet, výšky regálů, výšky portálových a sloupových jeřábů. Nejmenší výška by měla být minimálně 6 m (pokud se jedná o sociální přístavek, minimální výška má být 3,25 m).

## 1.8 Rozdělení druhů kapacitních propočtů [1], [2], [3], [4]

Kapacitní propočty pojednávají o vazbě mezi plánovaným výrobním programem a výrobním profilem projektovaného provozu. Výrobní program je určen předpokládaným počtem zhotovených výrobků za rok (v našem případě 70000 ks/rok) které má podnik za rok vyrobit. Výrobní profil je definován hlavně typem a počtem zvolených strojních zařízení a ručních pracovišť. Dále výrobní profil určuje počet zaměstnanců potřebných profesí a rozloha podniku. Každý kapacitní propočet je založen na porovnávání času, který může nějaká pracovní jednotka (např. stroj, dělník, ruční pracoviště) spotřebovat na práci během definovaného časového období, s časem, který je od pracovní jednotky vyžadován za stejné časové období.

$$n = \frac{P}{D} \quad (1.3)$$

Kde: n – nutný počet pracovních jednotek (stroj, dělník) [–]

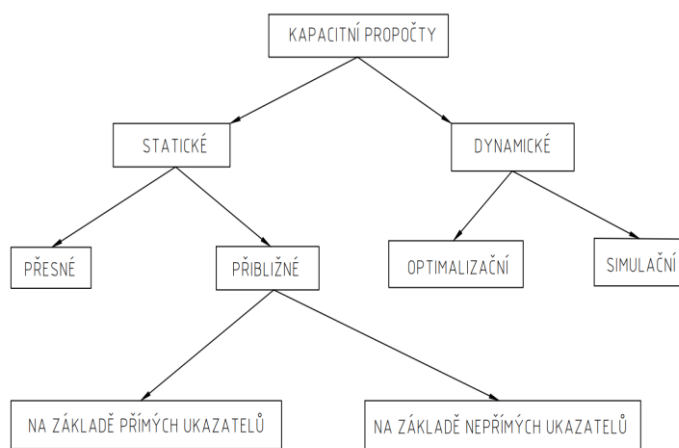
P – vyžadovaný čas od pracovní jednotky [min]

D – čas, který může pracovní jednotka poskytnout [min]

Primárně se kapacitní propočty dělí na statické a dynamické. Statický propočet se zabývá určením potřebného počtu strojů, zaměstnanců a vyčíslením velikosti ploch projektovaného

závodu za celý časový úsek. K zjištění celkových investičních nákladů a počtu lidí se také využívá statický propočet. Ve velkých závodech, kde je výroba sériová nebo hromadná se vyráběný sortiment moc nemění. Statický propočet je v tomto případě dobrým ukazatelem potřeby strojů, lidských zdrojů a plochy, neboť výsledky statického propočtu jsou díky neměničím se programu od skutečné potřeby jen málo odlišné. Rozdělení kapacitních propočtů je vyobrazeno na obr. 20.

Současným trendem je, že se v krátkých časových intervalech výrobní program dost liší a mění se podle nejnovějších požadavků trhu. Zde nastupuje dynamický propočet, který vypočítá okamžitou potřebu strojů, dělníků a ploch ve stanovené časovém intervalu s přihlédnutím na krátkodobé operativní plány. Dynamický kapacitní propočet je tak nedílnou součástí operativního řízení výroby. K realizaci dynamického propočtu více podrobně zpracovaných dat jako je krátkodobý plán, měsíční, týdenní často i denní rozpis práce pro pracoviště v podniku. Osoba odpovědná za chod dílny si pak může lépe naplánovat práci pro stroje tak, aby ty méně využitě dostaly práci navíc. Principiálně a matematicky fungují dynamické propočty stejně jako statické.



Obr. 20 Grafické znázornění rozdělení kapacitních propočtů [3]

### 1.8.1 Přesné kapacitní propočty [1], [2], [3], [4]

Přesný propočet je využitelný hlavně pro výrobu sériovou či hromadnou. Nutností pro zpracování je kompletní konstrukční a technologická dokumentace (výkresy, technologie výroby, strojní časy, technologické postupy). Pokud je nashromážděna veškerá nutná dokumentace lze celkem přesně vyčíslit počet strojů, zaměstnanců i plochy haly. Přesnými kapacitními propočty se zabývá i tato bakalářská práce v kapitole 2.2.

### 1.8.2 Přibližné kapacitní propočty [1], [2], [3], [4]

Používají se, pokud není přesně znám výrobní program. Při určování velikosti výrobní síly závodu se vychází z předpokládaného celkového množství odebraných výrobků v tunách, Kč nebo kusech. Ve stejné jednotce pak musí být i přímé ukazatele, které udávají potřebný údaj vztažený přímo na zvolenou základní jednotku např. roční objem výroby na jednotku plochy, vyjádřený v Kč/m<sup>2</sup> za rok.

### 1.8.3 Optimalizační kapacitní propočty [1], [2], [3], [4]

Propočet se provádí v již fungujících provozech a jeho cílem je buď maximalizovat peněžní zisk nebo minimalizovat manipulační nebo přepravní náklady. Je nutné si uvědomit, že výsledky optimalizačních propočtů lze posuzovat pouze vzhledem k určitému cíli, kterého chceme dosáhnout.

### 1.8.4 Simulační kapacitní propočty [1], [2], [3], [4]

Existují simulační software, ve kterých lze vytvořit model výrobního systému včetně vzájemných vazeb a manipulačních časů. Na vyhotovených modelech se můžou zkoumat vazby mezi plánem výroby a reálnou produkcí. Simulace pomáhají k odstraňování nedostatků v řízení výroby a k plnému vytěžení výrobní síly podniku.



## 2 PRAKTICKÁ ČÁST [27]

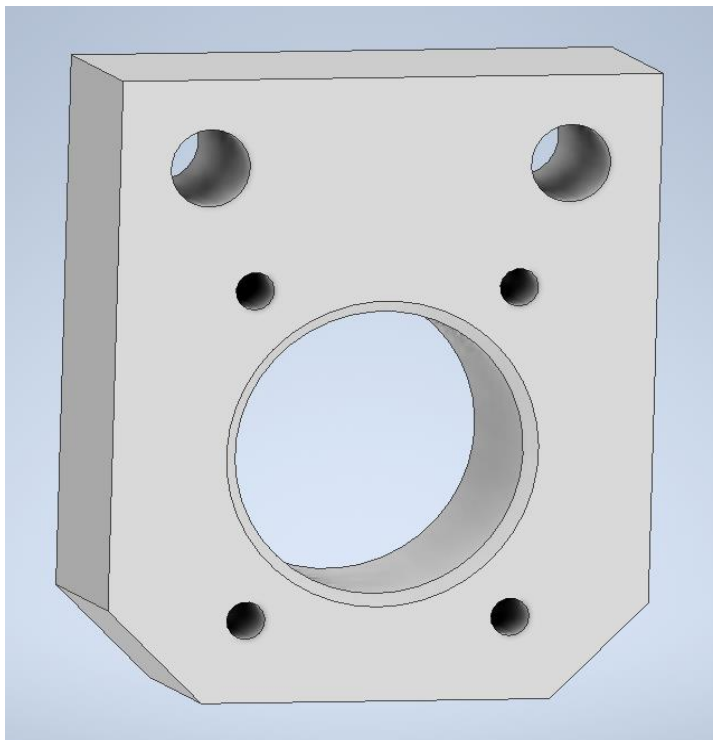
Součást ke zpracování návrhu byla poskytnuta firmou KovoRoz s. r. o. Společnost nabízí komplexní řešení v oblasti výroby strojních součástí pomocí třískového obrábění na zakázku. Firma disponuje technologiemi CNC soustružení, frézování, gravírování a nabízí obrábění běžných ocelí, nerezí, hliníku, plastů i dřeva.



Obr. 21 Logo firmy KovoRoz s. r. o. [26]

### 2.1 Součást [21], [22], [23]

Poskytnutou součástí je hliníkový domeček (obr. 21) pro uložení ložiska s dvěma dírami na upevnění pomocí šroubů a čtyřmi menšími dírami se závity na připevnění víka chránícího ložisko proti prachu nebo vlhkosti. Uvažované výrobní množství je 70000 ks/rok. Materiál, ze kterého se díl bude vyrábět je hliník EN AW 5083, této slitině orientačně odpovídá materiál ČSN 42 4415. Tato slitina se vyznačuje dobrou obrobiteľnosťou, eloxovateľnosťou, chemickou stálosťou, zvýšenou odolnosťou proti korozi a dobrou svařitelnosťou. Hlavní legurou je hořčík a mangan a materiál není vytvrditelný. Polotovarem pro tuto součást je plochý profil s průřezem o rozměrech 50 x 20 mm a o délce 3 m. Všechny rozměry součásti jsou k nalezení v příloze.



Obr. 22 Zadaná součást

### 2.2 Přesné kapacitní propočty [1], [2], [3], [6], [7]

Pokud je nashromážděna veškerá dokumentace, je možné přistoupit k přesným kapacitním propočtům. Díky těmto výpočtům bude možné vědět kolik bude potřeba strojů a pracovníků na výrobu daného dílu. Jakmile bude známý počet obráběcích zařízení lze vypočítat strojní plochu od které se odvíjejí všechny ostatní výměry např. plocha pomocná, administrativní, sociální zařízení apod. Výstupem bude velikost potřebné plochy, počet zaměstnanců a strojů, a rozměry haly. Na základě kapacitních propočtů se vytváří finální dispoziční řešení obrobny.

#### 2.2.1 Efektivní časové fondy [1], [2], [3], [6], [12], [13]

Efektivní časové fondy jsou ukazatelem kolik hodin v roce je dané ruční nebo strojní pracoviště schopno fungovat. Tento údaj se obvykle vyjadřuje v hodinách za rok v jedné směně. Pro určení časového fondu potřebujeme znát počet pracovních dní v kalendářním roce.

- Časový fond ručního pracoviště – v roce 2021 je 252 pracovních dnů [12] (odečteny jsou víkendy i státní svátky). Délka pracovní směny je stanovena na 8 hodin. Časový fond ručního pracoviště je pak určen ze vzorce (2.1)

$$E_r = D_{pr} \cdot H_d = 252 \cdot 8 = 2016 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (2.1)$$

Kde:  $D_{pr}$  – počet pracovních dní v roce [den]

$H_d$  – délka směny [hod]

- Časový fond strojního pracoviště – stroje mají časový fond zpravidla menší, protože občas potřebují servis nebo opravy. Tento odstávkový čas je stanoven na 10 až 12 % z celkového ročního fondu. Časový fond strojního pracoviště se nechá vypočítat dle rovnice (2.2).

$$E_s = E_r - (0,1 \div 0,12) \cdot E_r = 2016 - (0,11 \cdot 2016) = 1794 \text{ hod} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (2.2)$$

Nyní je znám časový fond ručního pracoviště, který činí 2016 hod · rok, a 1794 hod · rok<sup>-1</sup> pro pracoviště strojní. Tyto hodnoty budou použity při výpočtu potřebného množství pracovišť.

- Časový fond dělníka – se zjistí tak, že se od ročního fondu ručního pracoviště odečte počet dní dovolené a nemocenské. Ze zákona musí být dovolená minimálně 20 dní. Průměrná doba dočasné pracovní neschopnosti dle České správy sociálního zabezpečení [11] pro rok 2020 je 37,69 dní (zaokrouhleno na 37 dní). Časový fond dělníka se vypočítá dle vzorce (2.3).

$$E_d = E_r - (D + N) \cdot 8 = 2016 - (20 + 37) \cdot 8 = 1560 \text{ hod/rok} \quad (2.3)$$

Kde:  $D$  – Počet dnů dovolené [den]

$N$  – Dny dočasné pracovní neschopnosti [den]

Za předpokladu, že si dělník za celý rok vybere všech 20 dní dovolené a bude 37 dní dočasně pracovně neschopný, odpracuje za rok letošní 1560 hodin.

## 2.2.2 Výpočet množství potřebných pracovišť [1], [2], [3], [6],

K výpočtu potřebného počtu pracovišť je nutno znát výrobní postup a jednotkové časy jednotlivých operací. Tabulka 1. nastiňuje, jakým způsobem se součást bude vyrábět. Výroba součásti zahrnuje obráběcí technologie frézování, vrtání, řezání závitů a vystružování.

Tab. 2 Zjednodušený výrobní postupu pro zadanou součást.

Č. OP.	Stroj	Popis operace
00	pásová pila	Řezat plochý profil 50x20 mm na délku 55 mm
10	Konzolová frézka	Obrobit kostku na rozměry 53x45x15 mm vč. zkosení 8x45°
20	Vrtačka	Vrtat díry 2 x Ø6,6
30	Vrtačka	Vrtat díry 4 x Ø3,2
40	Vrtačka	Vrtat díru Ø23,8; strazit hranu 1x45°
50	Vrtačka s vystruž. hl.	Vystružit díru Ø24 M7
60	Vrtačka se závit. hl.	Závitovat díry 4 x Ø3,2; M4
70	Ruční pracoviště	Odjehlit ořepy, Kontrolovat funkční rozměry

- Počet ručních pracovišť a jejich využití – vychází z potřebného času k zhotovení dané ruční operace pro jeden vyráběný kus vynásobený počtem vyráběných kusů za rok. Součinem vznikne požadovaný čas na zhotovení všech kusů. Toto číslo se podělí časovým fondem ručního pracoviště ze vzorce (2.2) vynásobeným počtem směn (v tomto případě jedna) a koeficientem překračování norem (obvykle dosahuje hodnot 1,1 až 1,3). Ten zohledňuje postupné zapracování dělníka, jehož zručnost se při provádění dané operace postupem času zlepšuje, a tak provádí daný úkol rychleji, než je předepsáno. Pro odjehlení výrobku a překontrolování funkčních rozměrů byl vymezen čas 5 minut. Výpočet teoretického množství pracovišť pro vykonání operace odjehlení a kontroly funkčních rozměrů je popsán v rovnici (2.4).

$$P_{th70} = \frac{t_{k70} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{5 \cdot 70000}{60 \cdot 2016 \cdot 1 \cdot 1,1} = 2,63; \quad P_{sk70} = 3 \quad (2.4)$$

Kde:  $P_{thi}$  – teoretický počet pracovišť [–]

$t_{ki}$  – čas potřebný k provedení dané operace [min]

$N$  – počet vyráběných kusů [ks]

$s_r$  – směnnost ručního stanoviště [–]

$k_{pnr}$  – koeficient překračování norem pro ruční pracoviště [–]

$P_{ski}$  – skutečný počet pracovišť [–]

Teoretický počet pracovišť vyšel 2,63. Aby pracoviště byly schopny naplňovat předepsanou normu musí být číslo zaokrouhleno nahoru. Skutečný počet stanovišť tedy vychází na tři. Využití se vypočte jako podíl teoretického a skutečného počtu míst vynásobených stem, aby výsledek vyšel v procentech viz (2.5).

$$\eta_{70} = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 = \frac{2,63}{3} \cdot 100 = 87,7 \% \quad (2.5)$$

Kde:  $\eta_i$  – využití pracoviště [%]

$P_{ski}$  – Skutečný počet pracovišť [ks]

- Výpočet strojních pracovišť a jejich využití – probíhá stejně jako u ručních pracovišť. Odlišnosti jsou pouze v efektivním časovém fondu (2.3) a v koeficientu překračování norem, který pro strojní operace dosahuje pouze hodnot okolo 1,2. Důvodem je, že dělník může urychlit proces pouze upravováním řezných podmínek, které se musí pohybovat v určitých mezích. obsluha má tak do jisté míry svázané ruce. Normované časy pro operace podle druhu obráběcího stroje jsou zobrazeny v tabulce č. 3. Rovnice pro výpočet teoretického počtu strojních pracovišť je (2.6)

Tab. 3 Časy pro strojní operace.

Operace	Normovaný čas [min]
Řezání polotovaru	1,5
Frézování	22
Vrtání	11,5
Závitování	2
Vystružování	1,3

Operace 00 – řezání polotovaru

$$P_{th00} = \frac{t_{k00} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,5 \cdot 70000}{60 \cdot 1794 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,81 \quad P_{sk00} = 1 \quad (2.6)$$

Kde:  $S_s$  – směnnost strojního stanoviště [–]

$k_{pns}$  – koeficient překračování norem pro strojní pracoviště [–]

Operace 10 – frézování

$$P_{th10} = \frac{t_{k10} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{22 \cdot 70000}{60 \cdot 1794 \cdot 1 \cdot 1,2} = 11,92 \quad P_{sk10} = 12 \quad (2.6)$$

Operace 20, 30, 40 – vrtání

$$P_{thvrt} = \frac{t_{kvrt} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{11,5 \cdot 70000}{60 \cdot 1794 \cdot 1 \cdot 1,2} = 6,23 \quad P_{skvrt} = 7 \quad (2.6)$$

Operace 60 – závitování

$$P_{th60} = \frac{t_{k60} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{2 \cdot 70000}{60 \cdot 1794 \cdot 1 \cdot 1,2} = 1,08 \quad P_{sk60} = 1 \quad (2.6)$$

Operace 50 – vystružování

$$P_{th50} = \frac{t_{k50} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,3 \cdot 70000}{60 \cdot 1794 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,7 \quad P_{sk50} = 1 \quad (2.6)$$

Teoretický počet strojů se zaokrouhluje nahoru, aby nevycházelo využití pracoviště nad sto procent neboli aby nebyla pracoviště přetěžována. Výjimkou je pracoviště pro závitování kde potřeba strojů vyšla 1,08. V tomto případě zůstane pouze jedna vrtačka a případné přehlacení stanoviště vykryje vrtačka pro vystružování. Vyšlo tedy, že bude potřeba dvanáct frézek, jedna pilka, devět vrtaček (7 pro vrtání děr, 1 pro závitování a 1 pro vystružování). Nyní lze vypočítat využití strojů v jednotlivých operacích dle vzorce (2.5).

Využití pásové pily

$$\eta_{00} = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 = \frac{0,81}{1} \cdot 100 = 81,3 \% \quad (2.5)$$

Využití konzolových frézek

$$\eta_{10} = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 = \frac{11,92}{12} \cdot 100 = 99,3 \% \quad (2.5)$$

Využití vrtaček na vrtací operace

$$\eta_{vrt} = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 = \frac{6,23}{7} \cdot 100 = 89 \% \quad (2.5)$$

Využití vrtaček na závitovací operace

$$\eta_{60} = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 = \frac{1,08}{1} \cdot 100 = 108 \% \quad (2.5)$$

Využití vrtačky na vystružovací operaci

$$\eta_{50} = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 = \frac{0,7}{1} \cdot 100 = 70 \% \quad (2.5)$$

Využití skupiny obráběcích strojů

$$\eta_{sk} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i \cdot P_{ski}}{\sum_{i=1}^n P_{ski}} = \frac{81,3 \cdot 1 + 99,3 \cdot 12 + 89 \cdot 7 + 108 \cdot 1 + 70,4 \cdot 1}{1 + 12 + 7 + 1 + 1} = 94,3\% \quad (2.7)$$

Kde:  $\eta_{sk}$  – využití pracovišť stejné technologické skupiny [%]

### 2.2.3 Počet potřebných pracovníků [1], [2], [3], [6],

Jelikož je koeficient vícestrojové obsluhy roven jedné, bude se počet strojních a ručních dělníků rovnat počtu zvolených pracovišť. Vzhledem k využití všech pracovišť nad osmdesát procent až na operaci vystružování nebude potřeba počet dělníků nijak upravovat. Pokud se jedná o dvousměnný provoz, tak jsou počty strojních dělníků stejné na obě směny. V našem případě se ale jedná o provoz jednosměnný. Potřebný počet strojních dělníků se vypočítá dle vzorce (2.8) a počet ručních dělníků podle (2.9). Celkový počet výrobních dělníků vy vypočte jako součet ručních a strojních dělníků viz rovnice (2.10).

Počet strojních a ručních dělníků

$$D_{vs} = \frac{P_{sk00} + P_{sk10} + P_{skvrt} + P_{sk50} + P_{sk60}}{a} = \frac{1 + 12 + 7 + 1 + 1}{1} = 22 \quad (2.8)$$

Kde:  $D_{vs}$  – počet strojních dělníků [dělník]

$a$  – koeficient vícestrojové obsluhy [–]

Počet ručních dělníků

$$D_{vr} = P_{sk70} = 3 \quad (2.9)$$

Kde:  $D_{vr}$  – počet ručních dělníků [dělník]

Celkový počet výrobních dělníků

$$D_v = D_{vr} + D_{vs} = 22 + 3 = 25 \quad (2.10)$$

- Evidenční stavy dělníků – počet pracovníků musí být trochu naddimenzován, aby pracovníci, kteří jsou navíc mohli zaskakovat za dělníky kteří jsou na dovolené nebo jsou dočasně pracovně neschopní. Evidenční stav ručních dělníků se vypočte podle vzorce (2.11) a evidenční stav strojních dělníků podle (2.12).

$$D_{evr} = D_{vr} \cdot \frac{E_r}{E_d} = 3 \cdot \frac{2016}{1560} = 3,88; \quad D_{evr} = 4 \quad (2.11)$$

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 22 \cdot \frac{1794}{1560} = 25,3; \quad D_{evs} = 26 \quad (2.12)$$

Kde:  $D_{evr}$  – evidenční stav ručních dělníků [dělník]

$D_{evs}$  – evidenční stav strojních dělníků [dělník]

- Počet pomocných dělníků – Počty pracovníků ostatních skupin bývají odvozovány od celkového počtu výrobních dělníků doporučeným procentuálním poměrem. Počet pomocných dělníků je zhruba 30 až 40 % celkového počtu výrobních dělníků a vypočítá se podle vzorce (2.13). Výsledný počet se zvětšuje o 10 % aby se došlo k evidenčnímu stavu viz. (2.14).

$$D_p = (0,3 - 0,4) \cdot D_v = 0,35 \cdot 25 = 8,25 \quad (2.13)$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p = 1,1 \cdot 8,25 = 9,075 \quad D_{evp} = 9 \quad (2.14)$$

- Celkový evidenční počet dělníků – je dán součtem strojních, ručních a pomocných pracovníků viz vzorec (2.15).

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} = 26 + 4 + 9 = 39 \quad (2.15)$$

- Pomocný a obslužný personál – Pod tuto kategorii spadají uklízečky nebo kuchaři v podnikové jídelně a jejich počet je roven 1,5 až 3 % z celkového evidenčního stavu dělníků (2.16).

$$D_{pop} = (0,015 - 0,03) \cdot D_{evc} = 0,025 \cdot 39 = 0,975; \quad D_{pop} = 1 \quad (2.16)$$

- Inženýrsko-technický a administrativní personál (ITA) – Sem spadají inženýři, technologové, mistři, účetní, sekretářky apod. Jejich počet je roven 15 až 25 % z celkového evidenčního stavu dělníků (2.17). Bylo zvoleno 15 %.

Výchozí počet pracovníků se rozdělí následovně:

30 % – administrativa

20 % – konstrukce

50 % – mistři a technologové

$$ITA = (0,15 - 0,25) \cdot D_{evc} = 0,15 \cdot 39 = 5,73; \quad ITA = 6 \quad (2.17)$$

Podle rozdělení, které je popsáno výše budou zaměstnáni tři technologové, jeden konstruktér a dva administrativní pracovníci.

- Celkový počet zaměstnanců – se vypočte jako součet výrobních, pomocných a ITA zaměstnanci viz (2.18)

$$D_c = D_{evc} + D_{pop} + ITA = 39 + 1 + 6 = 46 \quad (2.18)$$

Výpočty bylo zjištěno, že do podniku bude zaměstnáno celkem 46 pracovníků, z toho je 26 dělníků strojních, 4 dělníci ruční, 9 pomocných dělníků, jedna uklízečka a 6 pracovníků ITA jejichž rozdělení je popsáno pod vzorcem (2.17).

#### 2.2.4 Plocha podniku [1], [2], [3], [6],

Celková plocha podniku se skládá z výrobní plochy (sem spadají strojní a ruční pracoviště), pomocné, správní a sociální plochy. Výpočty těchto ploch budou níže popsány.

- Výrobní plocha – Do plochy strojního pracoviště se musí vejít stroj, palety s materiálem, a zaměstnanec. Zároveň musí být dodržena bezpečná vzdálenost mezi stroji a dostatečný prostor pro manipulaci s paletami. Velikost strojních pracovišť se pohybuje v rozmezí 6 až 25 m<sup>2</sup> podle použitého stroje. Výměra strojních pracovišť se vypočítá podle vzorce (2.19). Velikost ručního pracoviště se většinou stanovuje odhadem, jejich velikost se pohybuje od 4 do 8 m<sup>2</sup> a počítá se podle vzorce (2.20). Pro účely výpočtů byla velikost strojního stanoviště zvolena na 11 m<sup>2</sup> a velikost ručního na 6 m<sup>2</sup>. Celková velikost výrobní plochy se vypočte podle rovnice (2.21).

Výměra strojních pracovišť:

$$F_s = \sum_{i=1}^n f_{sj} \cdot P_{ski} = 11 \cdot 22 = 242 \text{ m}^2 \quad (2.19)$$

Kde:  $f_{sj}$  – měrná plocha strojního pracoviště [m<sup>2</sup>]

$P_{ski}$  – Navržený počet strojních pracovišť [ks]

Výměra ručních pracovišť:

$$F_r = P_{ri} \cdot f_r = 3 \cdot 6 = 18 \text{ m}^2 \quad (2.20)$$

Kde:  $f_r$  – Měrná plocha ručního pracoviště [m<sup>2</sup>]

$P_{ri}$  – Navržený počet ručních pracovišť [ks]

Celková výrobní plocha:

$$F_v = F_s + F_r = 242 + 18 = 260 \text{ m}^2 \quad (2.21)$$

Pomocná plocha – Sem jsou zahrnuty např. plochy skladů, dopravních cest, kontrolních stanovišť atd. Jejich přesné rozdělení bude určeno ve vzorcích (2.22 až 28). Velikost pomocných ploch je zhruba 40 až 60 % velikosti výrobních ploch. Bylo zvoleno 40 %.

Celková pomocná plocha:

$$F_p = (0,4 - 0,6) \cdot F_v = 0,4 \cdot 260 = 104 \text{ m}^2 \quad (2.22)$$

Plocha pro hospodaření s nářadím:

$$F_{phn} = (0,14 - 0,16) \cdot F_p = 0,14 \cdot 104 \cong 15 \text{ m}^2 \quad (2.23)$$

Plocha pro údržbu:

$$F_{pú} = (0,14 - 0,16) \cdot F_p = 0,14 \cdot 104 \cong 15 \text{ m}^2 \quad (2.24)$$

Plocha skladů:

$$F_{pskl} = (0,27 - 0,3) \cdot F_p = 0,27 \cdot 104 \cong 28 \text{ m}^2 \quad (2.25)$$

Plocha dopravních cest:

$$F_{pdc} = (0,32 - 0,35) \cdot F_p = 0,32 \cdot 104 \cong 33 \text{ m}^2 \quad (2.26)$$

Plocha kontroly:

$$F_{pk} = (0,07 - 0,09) \cdot F_p = 0,07 \cdot 104 \cong 7 \text{ m}^2 \quad (2.27)$$

Celková provozní plocha:

$$F_{pr} = F_v + F_p = 260 + 104 = 364 \text{ m}^2 \quad (2.28)$$

- Správní plocha – Při výpočtu se vychází počtu pracovníků ITA. Na jednotlivé profese jsou potřeba různé výměry (např. na konstruktéra se doporučuje 8 až 12 m<sup>2</sup>). plocha se navíc zvětšuje o 30 až 40 % pro schodiště, výtahy a chodby (2.29). Pro konstruktéra byla zvolena výměra 8 m<sup>2</sup>, pro technology 5 m<sup>2</sup> a pro administrativní pracovníky byla plocha zvolena na 4,5 m<sup>2</sup>.

$$F_{spr} = (T \cdot (5 - 6 \text{ m}^2) + K \cdot (8 - 12 \text{ m}^2) + A \cdot (4,5 - 5 \text{ m}^2)) \cdot (1,35 - 1,4) \quad (2.29)$$

$$F_{spr} = (3 \cdot 5 + 1 \cdot 8 + 2 \cdot 4,5) \cdot 1,35 = 32 \text{ m}^2$$

Kde: T – počet technologů [zaměstnanec]

K – počet konstruktérů [zaměstnanec]

A – počet administrativních pracovníků [zaměstnanec]

- Sociální plocha – se skládá z šatních ubikací (2.30), umývárny (2.31) a WC (2.32). U šaten se počítá s 0,8 m<sup>2</sup> na osobu a je stejně zvětšena jako plocha správní pro schody a chodby. Zároveň se počítá s tím, že šatny používají pouze výrobní a pomocní dělníci. Pro umývárny platí 0,3 až 0,4 m<sup>2</sup> na osobu. Na jedno WC uvažujeme 2 m<sup>2</sup>, přičemž uvažujeme že, na jedno WC připadá 15 zaměstnanců. Celková plocha sociálních zařízení je uvedena v rovnici (2.33).

Plocha šaten:

$$F_{\text{šat}} = ((D_{pop} + D_{evc}) \cdot 0,8) \cdot (1,35 - 1,4) = ((1 + 39) \cdot 0,8) \cdot 1,35 = 43 \text{ m}^2 \quad (2.30)$$

Plocha umývárny:

$$F_{um} = (0,3 - 0,4) \cdot (D_{pop} + D_{evc}) \cdot (1,35 - 1,4) = 0,3 \cdot (1 + 39) \cdot 1,3 = 16 \text{ m}^2 \quad (2.31)$$

Plocha WC:

$$F_{WC} = 2 \cdot \frac{D_c}{15} = 2 \cdot \frac{46}{15} = 6 \text{ m}^2 \quad (2.32)$$

Celková plocha sociálních ubikací:

$$F_{soc} = F_{\text{šat}} + F_{um} + F_{WC} = 43 + 16 + 6 = 65 \text{ m}^2 \quad (2.33)$$

Celková plocha podniku

$$F_{pdk} = F_{pr} + F_{spr} + F_{soc} = 364 + 32 + 65 = 461 \text{ m}^2 \quad (2.34)$$

Celková předpokládaná plocha podniku byla vyčíslena na 461 m<sup>2</sup>, z toho 260 m<sup>2</sup> má zabírat výrobní plocha. Dále 104 m<sup>2</sup> náleží pomocným plochám kam spadají dopravní cesty, sklady nebo kontrolní stanoviště. Na sociální zařízení bylo vyčleněno 65 m<sup>2</sup> a nejméně prostorově náročné jsou kanceláře pro pracovníky ITA.

- Délka haly – Nyní když je známa potřebná plocha podniku lze přikročit k výpočtu délky haly. Zvolený modul šířky haly byl zvolen 12 m. Při výpočtu se vychází ze vztahu pro výpočet obsahu obdélníku. Výpočet je popsán v rovnici (2.35)

$$F_{pdk} = m_h \cdot l_h \Rightarrow l_h = \frac{F_{pdk}}{m_h} = \frac{461}{12} = 38,4 \text{ m} \quad (2.35)$$

Kde:  $m_h$  – modul haly [m]

$l_h$  – délka haly [m]

## 2.3 Dispoziční řešení [1], [2], [3], [6]

Dispoziční řešení obrobny bylo zpracováno ve dvou variantách, ve kterých byla využita hala o šířce 12 m. Pro první variantu byla navržena hala o rozměrech 12 x 35,5 m. Výroba je realizována na konvenčních strojích a bylo využito předemtného uspořádání. Ve druhé variantě byly pro výrobu součástí využity tříosé CNC frézky a hala byla zvolena o rozměrech 12 x 38 m. Uspořádání v této variantě je technologické.

### 2.3.1 Varianta s konvenčními stroji [5], [15], [16], [17], [18], [19], [24], [25], [26], [29]

Hlavní výhoda zvoleného uspořádání spočívá v jednotném materiálovém toku a malými manipulačními časy. Tok součástí je realizován do tvaru písmene U, přičemž obousměrná cesta se nachází uprostřed haly a poskytuje tak dobrý manipulační prostor pro případné přemísťování strojů při změně výrobního programu. Vstupní i výstupní sklad se tím pádem nacházejí na jedné straně budovy u vrat. Pro výrobu součástí byly vybrány malé konzolové frézky a vrtačky. Pro operace vystružování a závitování budou vrtačky osazeny vystružovacími a závitovacími hlavami.

Pracoviště řezárny je osazeno pásovou pilou Pegas Gonda 150x200 GHE (obr. 23). Jedná se o kompaktní pilu schopnou řezat ploché profily až do rozměrů 170 x 140 mm. Jelikož budou



Obr. 24 Pásová pila  
Pegas Gonda 150x200  
GHE [15]

hliníkové profily dodávány o délce 3 m je pilka vybavena pouze třímetrovým válečkovým podavačem. Frézky (obr. 22) jsou posazeny vždy po dvou naproti sobě. Toto řešení poskytuje dostatečný prostor pro obsluhu a možnost sdílení jednoho pracovního stolku. Na každou frézku připadá jedna uzamykatelná plechová skříňka na nářadí nebo osobní věci dělníka a dvě půlpalety 800 x 600 mm (jedna na příchozí a jedna na odchozí obrobené díly). Jedno



Obr. 23 Konzolová frézka  
TOS F2V – R [16]

frézovací stanoviště má rozlohu 15,5 m<sup>2</sup>. Vrtáčky byly postaveny vedle sebe, přičemž mezeru mezi nimi vyplňuje dílenský ponk. Na jednu vrtací buňku připadá 9,8 m<sup>2</sup>. Po dílně jsou vhodné rozmístěny pojízdné výklopné kontejnery o objemu 300 l. Ruční pracoviště pro operace odjehlení a kontrolu rozměrů jsou vybavena třemi pracovními stoly, pojízdnými vozíky na nářadí a jednou vrtáčkou pro rychlé odhrocování dř. Stroje a jejich hlavní rozměry jsou uvedeny v tabulce č. 4.



Tab. 4 Seznam použitých strojů ve variantě s konvenčními stroji.

Stroj	Označení	Šířka x výška [mm]	Počet
Pásová pila	Pegas Gonda 150x200 GHE-R	1100 x 800	1
Konzolová frézka	TOS F2V-R	2660 x 1760	12
Vrtačka	VS 40-430 CASTOR	1250 x 750	9

Jelikož jsou součásti malého charakteru bude manipulace na dílně zajištěna pomocí skládacích plošinových vozíků (obr. 12) a stohovatelných regálových přepravek (obr. 13).



Obr. 25 Stohovatelná regálová přepravka [17]

Vozíky mají rozměry 730 x 470 mm a nosnost 150 kg. Hlavní výhodou tohoto způsobu dopravy materiálu je jeho jednoduchost. Při dopravě není žádná potřeba palet ani paletových vozíků. Dopravovat materiál může kdokoli, přepravky se jednoduše naloží na vozík a převezou se kam je zrovna potřeba. Nicméně na výkrese jsou zakresleny i polohy půlpalet pro případ



Obr. 26 Plošinový vozík se sklopným madlem [18]

změny výrobního programu, který počítá s výrobou těžších součástí.

- Kapacita přepravky – Polotovár lze do krabice umístit šesti různými způsoby. Výpočet kapacity přepravky vychází z hlavních rozměrů přepravky a součástí. Pro kalkulaci jsou uvažovány rozměry neobrobeného polotovaru. Výsledná čísla ze zlomků musí být zaokrouhlena dolů aby se kostky s jistotou vešly do přepravky. Shrnutí výsledků jednotlivých uložení je zobrazeno v tabulce č. 5.

$$K_p = \frac{D_{př}}{D_{po}} * \frac{\check{S}_{př}}{\check{S}_{po}} * \frac{V_{př}}{V_{po}} = \frac{300}{55} * \frac{117}{50} * \frac{90}{20} \cong 5 \cdot 2 \cdot 4 = 40 \text{ ks} \quad (2.35)$$

Kde: Polotovár:  $D_{po} \times \check{S}_{po} \times V_{po} = 55 \times 50 \times 20$  [mm]

Přepravka:  $D_{př} \times \check{S}_{př} \times V_{př} = 300 \times 117 \times 90$  [mm]

Tab. 5 Shrnutí výsledků možných uložení polotovaru v přepravce.

Varianta	Polotovár			Přepravka			Výsledek [ks]
	$D_{po}$ [mm]	$\check{S}_{po}$ [mm]	$V_{po}$ [mm]	$D_{př}$ [mm]	$\check{S}_{př}$ [mm]	$V_{př}$ [mm]	
A	55	50	20	300	117	90	40
B	55	20	50	300	117	90	25
C	20	50	55	300	117	90	30
D	20	55	50	300	117	90	30
E	50	55	20	300	117	90	48
F	50	20	55	300	117	90	30

Nejlépe vyšla varianta E, kdy se do přepravky vejde 48 ks kostek. Takto plně naložená přepravka váží 7,5 kg. Na plošinový vozík se tím pádem může naložit až 20 beden.

Zavážení hutního materiálu bude realizováno čelním vysokozdvizným vozíkem od společnosti Toyota materiál handling který je k vidění na obr. 26. Vozidlo má elektrický pohon, maximální výšku zdvihu 6545 mm a na vidlích uveze 3000 kg. Pohon spalovacím motorem nebyl zvolen kvůli spalinám, které by ohrožovaly zdraví zaměstnanců, pokud by manipulátor jezdil uvnitř. Tento problém u elektricky poháněných vozidel odpadá. Vozík byl volen s ohledem pro zachování lepších výrobních možností závodu např. změna výrobního programu na větší ocelové součásti pro které je potřeba velkých hutních polotovarů a mezioperační manipulace skrze palety.



Obr. 27 Čelní vysokozdvizný vozík  
Toyota Traigo 80 [19]

### 2.3.2 Varianta s CNC obráběcími stroji [5], [28]

Zvolené technologické uspořádání se vyznačuje vysokou universálností, ke které navíc přispívají CNC frézky, kterými je tato varianta vybavena (obr. 27). CNC obráběcí centra v tomto případě sdružují operace frézování, vrtání, závitování i vystružování na jeden stroj, tím se snižují výrobní časy na zhotovení jedné součásti. Zhotovení jedné součásti bylo vyčísleno na 21,3 minut a čas na odjehlení a zkontrolování funkčních rozměrů zůstává stejný (5 minut). Manipulace s materiálem se též výrazně snižuje. Materiálový tok má tvar písmene *I* protože v hale o rozpětí 12 m není mezi stroji dostatek místa na obousměrnou dopravní cestu. Nedostatek místa je způsoben většími rozměry zvolených obráběcích strojů. Výstupní sklad a ruční pracoviště byly přesunuty na opačnou stranu haly, aby byl zachován jednotný tok materiálu. Pracoviště pro řezání hutních polotovarů a výstupní kontrola zůstávají stejné jako v předchozí variantě. Manipulace s materiálem je též realizována stejně. Označení strojů a jejich základní rozměry a počty jsou uvedeny v tabulce č. 6.



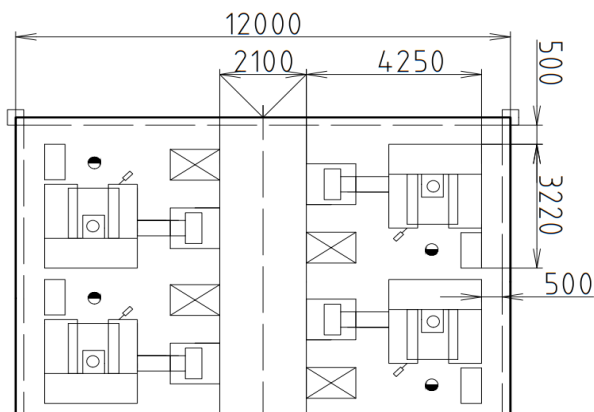
Obr. 28 Obráběcí centrum VMC 80/8 B od  
firmy StrojTos Lipník a. s. [29]

Tab. 6 Seznam použitých strojů pro variantu s CNC obráběcími stroji.

Stroj	Označení	Šířka x výška [mm]	Počet
Pásová pila	Pegas Gonda 150x200 GHE-R	1100 x 800	1
CNC frézka	Strojtos Lipník VMC 40/8	2250 x 2080	12

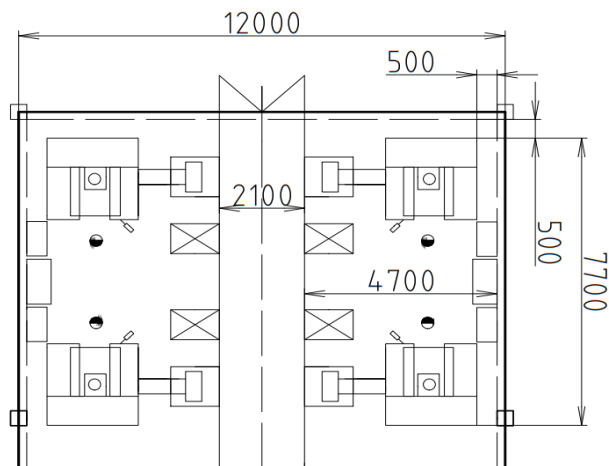
Při tvorbě pracovišť bylo dbáno, aby měla obsluha dostatek prostoru a aby ke každému stroji byla jedna paleta o rozměrech 1200 x 800 mm, pojízdný výklopný kontejner, skříň na nástroje a nářadí a pracovní ponk. Typy uspořádání stanovišť byly vypracovány dvě.

- Varianta A – Pro tuto variantu bylo uvažováno se stroji řazenými za sebou. Při dodržení bezpečnostních vzdáleností stroje od nosných sloupů vznikla mezera pro dopravní cestu o šířce 2100 mm. Stanoviště ale postrádají pracovní ponky a jelikož jsou stroje řazeny za sebou tak tato varianta nemá možnost použití vícestrojové obsluhy. Plocha jednoho pracoviště je  $13,7 \text{ m}^2$ , ale v kapacitních propočtech bylo počítáno s  $12 \text{ m}^2$ . I tak je tato varianta prostorově úspornější oproti následující variantě B. Náčrt je k nalezení na obr. 28.



Obr. 29 Uspořádání strojů - varianta A

- Varianta B – V tomto návrhu byly pracoviště koncipovány proti sobě. Opět bylo dbáno na to, aby na každý stroj připadala skříň na nástroje, paleta a kontejner na špony. Oproti variantě A přibyl pracovní stůl, který pracovníci sdílejí. Dopravní cesta je opět 2100 mm široká. Výhodou tohoto uspořádání je možnost vícestrojové obsluhy, takže počet strojních dělníků může být do budoucna poloviční nebo případně stejný, ale byl by zaveden dvousměnný provoz. Produkce by se tak při stejném počtu dělníků mohla více méně zdvojnásobit. Měrná plocha jednoho pracoviště je  $18,3 \text{ m}^2$ . Grafické znázornění je na obr. 29.



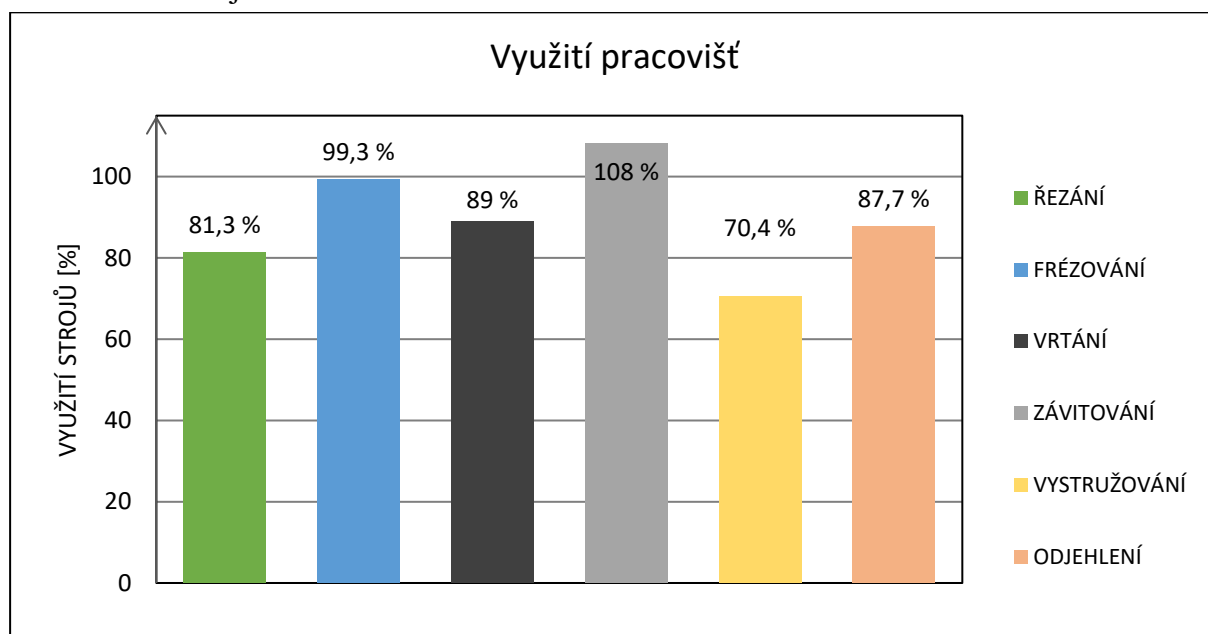
Obr. 30 Uspořádání strojů - varianta B

Pokud by se hala obsadila stroji podle varianty A, určitě by byla menší, ale dělníci budou ochuzeni o pracovní ponk. Zároveň je znemožněna obsluha více strojů najednou. V obou možnostech jsou dopravní cesty stejně široké. U varianty B je jednoznačnou výhodou snadno realizovatelná vícestrojová obsluha, která do budoucna umožňuje velké navýšení produkce. Pracovníci také mají možnost použít dílenský ponk, který u prvního uspořádání není. Tyto výhody jsou vykoupeny větší měrnou plochou což vede k větším požadavkům na velikost haly. Pro rozpracování výkresové dokumentace byla zvolena varianta B.

## 2.4 Zhodnocení návrhů

V rámci kapacitních propočtů bylo vypočítáno, že pro řezání polotovarů pro zásobování dílny postačí jedna pásová pila, která má využití 78,9 %. Pro ofrézování součástí byla vyčíslena potřeba dvanácti frézek, přičemž jejich využití vyšlo na uspokojivých 99,3 %. Na vrtací operace je zapotřebí sedm vrtaček jejichž vytíženost je 89 %. Pro vyhotovení závitů M4 pro uchycení prachovky teoreticky vyšlo 1,08 vrtaček. Při volbě skutečného počtu dvou vrtaček je využití strojů pouhých 54,2 %. Kvůli špatnému procentuálnímu vytížení byl počet zvolen pouze na jeden s tím, že v případě přehlacení stanoviště budou díly opracovány na vrtačkách určených pro vrtání nebo vystružování (u vystružování je vytíženost 70,4 %).

Kontrolní a zároveň odjehlovací pracoviště budou tři s využitím 87,7 %. Celkově tedy návrh zahrnuje 22 strojů o užitnosti 94,3 %. Pro verzi, kde jsou veškeré výrobní operace součástí realizovány na CNC frézce postačí dvanáct strojů. Vytížení frézek je 96,2 %. Data popsaná v tomto odstavci jsou shrnuta na obrázku č. 30.



Obr. 31 Graf znázorňující využití pracovišť

Porovnávání dvou vyhotovených variant může probíhat v několika rovinách. Prvním porovnávacím parametrem může být celkový počet strojů. V první variantě se při navrhování došlo k celkovému počtu 22 kusů kdežto ve variantě druhé stačilo pouze 12 plus pila. Tento velký rozdíl způsobují jednotkové výrobní časy, které jsou u varianty s konvenčními stroji (dále jen KS) podstatně větší a tím pádem je potřeba strojů vyšší. Co se pořizovací ceny týče 22 strojů je sice více, ale složení je jenom z malých konzolových frézek a běžných stojanových vrtaček. Pořizovací cena nebude tak vysoká, jak by se na první pohled mohlo zdát. Naproti tomu stojí 12 tříosých frézek, počet je skoro poloviční, ale pořizovací náklady budou vysoké.

S různicím se počtem strojů přichází i rozdílné počty zaměstnanců. Opět u dispozičního řešení s KS má být zaměstnáno celkem 46 a u varianty s CNC frézkami (dále jen CF) jenom 27. Stroje se postupem za několik let splatí, ale zaměstnanci se musí vyplácet do nekonečna nehledě na to, že se jim platy budou do budoucna zvyšovat. Víc zaměstnanců tak pro firmu z dlouhodobého hlediska znamená akorát větší finanční zátěž. Dispoziční řešení varianty CF bylo projektováno s ohledem na možnost zavedení vícestrojové obsluhy čímž by se nutný počet dělníků při zachování výrobního programu zmenšil na šest. Další možností je zachovat počet výrobních dělníků, ale rozdělit je na polovinu a zavést dvousměnný provoz. Výsledkem by byla dvounásobná produkce 140 000 ks/rok.

Dalším důležitým faktorem je vypočtená a reálná zastavěná plocha. K porovnání byla využita pouze celková provozní plocha, kam spadá výrobní a pomocná část. Je to z důvodu, že

pro výkresový návrh byla zpracována pouze výroba, nikoliv kancelářské, správní a sociální plochy. Teoretická výměra pro variantu s KS byla vyčíslena na 364 m<sup>2</sup> z toho 260 m<sup>2</sup> je určeno pro strojní a ruční pracoviště a 104 m<sup>2</sup> pro pomocné plochy. Navržené dispoziční řešení má ale provozní plochu 426 m<sup>2</sup>. V návrhu ruční a strojní pracoviště zabírají 256 m<sup>2</sup>, to je skoro stejně jako ve výpočtu. Tento fakt znamená, že na pomocné plochy zbývá 200 m<sup>2</sup>, skoro dvounásobná hodnota oproti teoretické. Nějaký prostor je nevyužitý kvůli bezpečnostním vzdálenostem mezi stroji a od krajů haly. I tak je navržené dispoziční řešení prostorově náročnější, než má být. Výrobní hala pro druhou variantu má rozlohu 444 m<sup>2</sup>, ačkoliv podle výpočtů mělo stačit pouze 227 m<sup>2</sup>. Velký rozdíl je způsoben většími rozlohami stanovišť. V kalkulaci bylo počítáno s 12 m<sup>2</sup> na jedno strojní a 6 m<sup>2</sup> na ruční místo. Použité obráběcí stroje jsou poměrně velké a chtěl jsem, aby byly i s dopravníky na špony, kontejnerem, stolkem a skříní. Plocha, kterou takto vybavený modul zabírá je 18,3 m<sup>2</sup>. Ruční pracoviště jsou 12,5 m<sup>2</sup> namísto odhadovaných 6 m<sup>2</sup>.

Při porovnávání využití strojů se navržené varianty nedají mezi sebou porovnávat, protože mají odlišné technologické postupy. Ve variantě s KS se součást vyrábí na více strojích. U varianty s CF jsou tyto obráběcí úkony soustředěny na jednu frézku. Vhodné v tomto případě je porovnávat vytížení zařízení jako celku podle rovnice (2.7). Využití strojů je 94,3 % pro variantu s KS a 95,03 % pro variantu s CF. Čísla se od sebe skoro neliší a nebudou mít při rozhodování velkou váhu.

Stroje, kterými jsou dílny vybaveny mají svoje klady i zápory. Konvenční stroje jsou konstrukčně jednoduché, údržba je snazší, pořizovací náklady nižší a životnost vysoká. V dnešní době existují i firmy které se specializují na repase starých konvenčních strojů. Konvenční zařízení ale vyžadují trvalou obsluhu a jejich výkonost je i při seřizené výrobě menší. U CNC frézek je pořizovací cena vyšší a náklady na údržbu větší. Vyvažuje to vysoká produktivita, možnost vícestrojové obsluhy a případný snadnější přechod na jiný výrobní program. Shrnutí probraných aspektů je popsáno v tabulce č. 7.

Tab. 7 Hlavní porovnávací parametry pro dispoziční řešení.

Porovnávaný parametr	Jednotka	Varianta s KS	Varianta s CF
Počet strojů	[ks]	22	13
Využití strojů	[%]	94,3	95,03
Počet zaměstnanců	[–]	46	27
Teoretická provozní plocha	[m <sup>2</sup> ]	364	227
Zastavěná provozní plocha	[m <sup>2</sup> ]	426	444

### 3 ZÁVĚR

Součást poskytnutá firmou KovoRoz s. r. o. slouží jako těleso pro uložení a upevnění ložiska. Materiálem je hliník EN AW 5083 a roční série byla zvolena 70 000ks/rok. Jako polotovar slouží plochý profil o rozměrech v řezu 50 x 20 mm a délce 3 m. Množství odebraného materiálu obráběním je 50 %. Vzhledem k velké roční produkci by stála za zvážení změna způsobu zhotovování polotovaru např. odléváním.

Pro výrobu součásti byly vyprojektovány dvě dispoziční řešení. První z nich je obsazeno 22 strojními pracovišti a 3 ručními kde probíhá odjehlení a kontrola rozměrů. Strojní pracoviště jsou obsazeny konzolovými frézky a vrtačkami. Zavážení hutních polotovarů do haly funguje přes čelní vysokozdvíhový vozík na elektrický pohon. Materiálový tok má tvar písmene *U*. Mezioperační manipulace je vzhledem k malým rozměrům součásti realizováno pomocí malých přepravek naložených na plošinových vozících. Výrobní hala má šířku 12 m a délku 35,5 m a rozlohu 426 m<sup>2</sup>. Ve výrobě je 38 dělníků, celkově pak podnik obsahuje 45 zaměstnanců.

Druhá varianta je postavena na výrobě dílů skrze obráběcí centra. Ty sdružují veškeré obráběcí operace spojené s výrobou součásti na jeden stroj. Vykládka tyčového materiálu i mezioperační manipulace fungují na stejném principu jako v první variantě. Tvar materiálového toku se vzhledem k velikosti strojních pracovišť na tvar písmene *I*. Ruční pracoviště s výstupním skladem se přesouvají na druhou stranu haly, kde jsou po novu i výstupní vrata. Dílna si zachovává šířku 12 m ale délka se zvětšuje na 37 m. Plocha se tak zvětšuje na 444 m<sup>2</sup>. Pomocných a výrobních dělníků je 23. O chod podniku a údržbu se starají 4 zaměstnanci. Celkově tedy bude 27 pracovníků.

Obě varianty mají podobné využití strojů i rozlohu, v čem se výrazně liší je počet strojů kdy k výrobě na konvenčních stojích je potřeba 22 strojů a pro výrobu na obráběcích centech pouze 13. Pořizovací ceny budou i tak podobné, jelikož CNC frézky budou výrazně dražší než konvenční stroje. Zaměstnanec pro firmu znamená výraznou a trvalou peněžní zátěž. Proto v tomto ohledu je jednoznačně výhodnější varianta s CF.

Přestože dispoziční řešení s CF bude zpočátku investičně náročnější, finance se postupně vrátí na mzdách zaměstnanců. Navíc díky modernější obráběcí technologii se může výrobní kapacita zvyšovat a zakázky se mohou být technologicky náročnější.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [10], [11], [14]

1. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I.* Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
2. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty.* Brno: nakladatelství VUT Brno, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.
3. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-802-1452-602.
4. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2219-X.
5. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-802-1436-077.
6. HLAVENKA, Bohumil, Antonín MARTÍNEK a Bohuslav OMASTA. *Technologické projekty: cvičení.* Vyd. 3. rozš. Brno: PC-DIR, 1997. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0928-2.
7. VIGNER, Miloslav, Antonín ZELENKA a Mirko. *Metodika projektování výrobních procesů.* Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984, 592 s.
8. How to Value and Sell a Machine Shop. Raleigh Business Brokers | MidStreet Mergers and Acquisitions [online]. © 2021 MidStreet Mergers [cit. 12.04.2021]. Dostupné z: <https://www.midstreet.com/blog/how-to-value-and-sell-a-machine-shop>
9. Manufacturing Solutions | TL Machine Inc. Advanced Parts & Machining Solutions | TL Machine Inc [online]. © 2021 [cit. 12.04.2021]. Dostupné z: <https://tlmachine.com/manufacturing/>
10. *Citace PRO* [online]. © 2015 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/info>
11. Nová citační norma ČSN ISO 690:2011 – Bibliografické citace. [online]. © 2011. [cit. 12.04.2021]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/novaiso690/specificke-zdroje/elektronicke-informacni-zdroje>
12. Úvod - Česká správa sociálního zabezpečení [online]. © 2020 [cit. 12.04.2021]. Dostupné z: [https://www.cssz.cz/documents/20143/99437/k-31\\_12\\_2020\\_UKAZATELE-PRACOVNI-NESCHOPNOSTI-V-LETECH-1993-2020.pdf/8d170928-7960-236f-b06c-cd9822a6ee65](https://www.cssz.cz/documents/20143/99437/k-31_12_2020_UKAZATELE-PRACOVNI-NESCHOPNOSTI-V-LETECH-1993-2020.pdf/8d170928-7960-236f-b06c-cd9822a6ee65)
13. Plánovací kalendář 2021. Kalendář [online]. Dostupné z: <https://kalendar.beda.cz/rocni-planovaci?type=s1>
14. Generátor online citací - citace webových stránek podle ISO 690-2011. [online]. © 2015 [cit. 12.04.2021]. Dostupné z: <http://generator-citaci.cz/>

15. Pegas pásová pila na kov 150x200 GHE-R | KARAS. *Pilous, Bomar Pásové pily a pilové pásy na kov skladem, prodej a servis, Pilous, Bomar, Starrett | KARAS* [online]. © 2020 [cit. 12.04.2021] Dostupné z: [https://www.karas.cz/catalog/pasove-pily-na-kov/pegas-gonda/gravitacni-pasove-pily/pegas-pasova-pila-na-kov-150x200-ghe-r-pgs\\_150x200\\_ghe-r](https://www.karas.cz/catalog/pasove-pily-na-kov/pegas-gonda/gravitacni-pasove-pily/pegas-pasova-pila-na-kov-150x200-ghe-r-pgs_150x200_ghe-r)
16. Konzolová frézka F2V-R - TOS Olomouc s.r.o. [online]. © 1998 [cit. 05.05.2021]. Dostupné z: <https://www.tos-olomouc.cz/cz/vyrobní-program/univerzalni-produkci-frezky/konzolova-frezka-f2v-r/>
17. Regálové a skladové přepravy RK 3109 | AUER Packaging. [online]. © 2021 [cit. 16.04.2021] Dostupné z: <https://www.auer-packaging.com/cz/cs/Reg%C3%A1lov%C3%A9-a-skladov%C3%A9-p%C5%99pravky/RK-3109.html?color=5015>
18. Plošinový vozík se sklopným madlem, 150 kg | B2B Partner. *B2B Partner* [online]. © 2010 [cit. 05.05.2021]. Dostupné z: <https://www.b2bpartner.cz/plosinovy-vozik-se-sklopnym-madlem-150-kg/>
19. Toyota Traigo 80, 4-kolové 3 t - Elektrické čelní vysokozdvizné vozíky. *Eshop s paletovými vozíky a další manipulační technikou Toyo* [online]. © 2020 [cit. 5.05.2021] Dostupné z: <https://toyota-forklifts.cz/nase-produkty/elektricke-celni-vysokozdvizne-voziky/80-v/toyota-traigo-80-4-kolove-3-t/>
20. 1940 K MachineShop 1945 WWII | Machine shop, Old tools, Fabrication tools. *Pinterest - Česká republika* [online]. © 2016 [cit. 10.05.2021] Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/342484746648431955/?d=t&mt=login>
21. Hliníkové tyče ploché a čtvercové | Prodej hliníku | PROAL. *Hliníkové profily, tyče, plechy a desky | PROAL Ostrava* [online]. © 2019 NPS PROAL Ostrava. Hliníkové profily, tyče, plechy, desky a systémy. [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://proal.cz/tyce-a-desky-hlinikove/hlinikove-tyce-ploche/>
22. Normy tvrdosti hliníkových slitin. *Hliníkové profily, hliníkové chladiče, hliníkové plechy - ALUCAD Bohemia, s. r. o.* [online]. © 2021 [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/normy-tvrdosti-hlinikovych-slitin>
23. Feron online - Tyč hliníková plochá lisovaná, EN 755-5, rozměr 50x10. *Feron online - Vítejte* [online]. © 2017 Feron a.s. [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/23469/tyc-hlinikova-plocha-lisovana-en-755-5-rozmer-50x10>
24. Inka palety 600x800 mm, 1500 kg, zdvih ze 4 stran. *Rajapack je nyní RAJA | Obaly a obalový materiál, krabice, kartonové obaly, kartonové krabice, obálky* [online]. © [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: [https://www.rajapack.cz/paletizace-folie/palety-ochrana-palet/lisovane-mini-palety/inka\\_skuIPM6.html?priceVAT=true&gclid=Cj0KCQjwvYSEBhDjARIsAJMn0lguh1nbEGE0ipWeM2u9IkEXcvvL62e0HGbgBQntyK2XOXc4iyGOfcwaAqaDEALw\\_wcB](https://www.rajapack.cz/paletizace-folie/palety-ochrana-palet/lisovane-mini-palety/inka_skuIPM6.html?priceVAT=true&gclid=Cj0KCQjwvYSEBhDjARIsAJMn0lguh1nbEGE0ipWeM2u9IkEXcvvL62e0HGbgBQntyK2XOXc4iyGOfcwaAqaDEALw_wcB)
25. Stroje s lidskou péčí | BOUKAL E-shop [online]. © 2021 [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/sloupova-vrtacka-heltos-vs-40-430-castor/7307/produkt>



26. Svařovaný jednostranný konzolový regál - stromečkový 2,7 m META. *Reklamní poutače, vybavení firmy, dílny a obchodu* [online]. © 2018 [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://eshop.az-reklama.cz/svarovany-jednostranny-konzolovy-regal-stromeckovy-2-7-m/>
27. KovoRoz specialisté na kovoobrábění a CNC soustružení. *KovoRoz specialisté na kovoobrábění a CNC soustružení* [online]. © 2018 KovoRoz s.r.o., [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <http://kovoroz.cz/>
28. ODBOR TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ: ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE: FSI, VUT v BRNĚ. *ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE* [online]. © 2021 UST [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=podklady>
29. Vertikálne frézovacie centrum VMC 40/8 : Strojtos. *Strojtos* [online]. © 2021 Strojtos [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://strojtos.webnode.sk/products/vertikalne-frezovacie-centrum-vmc-40-8/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
a	Koeficient vícestrojové obsluhy	[–]
A	Počet administrativních pracovníků	[dělník]
b	Vzdálenost mezi spodem břemene a hákem	[m]
D	Počet dnů dovolené	[den]
Dc	Celkový počet zaměstnanců	[dělník]
Devc	Celkový evidenční počet zaměstnanců	[dělník]
Devp	Evidenční stav pomocných zaměstnanců	[dělník]
Devr	Evidenční stav ručních dělníků	[dělník]
Devs	Evidenční stav strojních dělníků	[dělník]
Dp	Počet pomocných dělníků	[dělník]
Dpop	Počet pomocných a obslužných zaměstnanců	[dělník]
Dpr	Počet pracovních dnů v roce	[dělník]
Dv	Počet výrobních dělníků	[dělník]
Dvr	Počet ručních dělníků	[dělník]
Dvs	Počet strojních dělníků	[dělník]
Ed	Časový fond dělníka	[hod]
Er	Časový fond ručního pracoviště	[hod]
Es	Časový fond strojního pracoviště	[hod]
Fp	Celková pomocná plocha	[m <sup>2</sup> ]
Fpdc	Plocha dopranních cest	[m <sup>2</sup> ]
Fpdk	Celková plocha podniku	[m <sup>2</sup> ]
Fphn	Plocha pro hospodaření s náradím	[m <sup>2</sup> ]
Fpk	Plocha kontroly	[m <sup>2</sup> ]
Fpr	Celková provozní plocha	[m <sup>2</sup> ]
Fpski	Plocha skladů	[m <sup>2</sup> ]
Fpú	Plocha pro údržbu	[m <sup>2</sup> ]
Fr	Plocha ručních pracovišť	[m <sup>2</sup> ]
fr	Navržená plocha pro jedno ruční pracoviště	[m <sup>2</sup> ]
Fs	Plocha strojních pracovišť	[m <sup>2</sup> ]
fsj	Navržená plocha pro jedno strojní pracoviště	[m <sup>2</sup> ]
Fspr	Správní plocha	[m <sup>2</sup> ]
Fšat	Plocha šaten	[m <sup>2</sup> ]
Fum	Plocha umýváren	[m <sup>2</sup> ]
Fv	Celková výrobní plocha	[m <sup>2</sup> ]
Fwc	Plocha pro WC	[m <sup>2</sup> ]
Hd	Délka směny	[hod]
ITA	Počet inženýrsko-technických a administrativních pracovníků	[dělník]
k	Vzdálenost mezi hákem svrškem pojezdové kolejnice jeřábu	[m]
K	Počet konstruktérů	[dělník]
kpnr	Koeficient překračování norem pro ruční pracoviště	[–]
kpsn	Koeficient překračování norem pro strojní pracoviště	[–]

Označení	Legenda	Jednotka
lh	Délka haly	[m]
m	Mezera mezi spodkem břemene a nejvyšším bodem zařízení	[m]
mh	Modul haly	[m]
N	Počet dní dočasné pracovní neschopnosti	[den]
Pri	Navržený počet ručních pracovišť	[-]
Pski	Skutečný počet pracovišť	[-]
Pthi	Teoretický počet pracovišť	[-]
s	Výška nejvyššího zařízení	[m]
Sr	Směnnost ručního pracoviště	[-]
Ss	Směnnost strojního pracoviště	[-]
T	Počet technologů	[dělník]
tki	Čas potřebný k provedení dané operace	[min]
v	Vzdálenost mezi vrchem kolejnice a vazníkem střešní konstrukce	[m]
V	Výška lodi	[m]
$\eta_i$	Využití pracoviště	[%]
$\eta_{sk}$	Využití skupiny pracovišť	[%]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady výsledků práce při dispozičním řešení obrobny [7], [8] .....	9
Obr. 2 Postavení TPV v cyklu vývoje výrobku [1] .....	10
Obr. 3 Tři relativně izolované systémy na rozdíl od dvou formálních výrobních organismů [1] .....	12
Obr. 4 Příklad technologického uspořádání konvenčních soustruhů z první poloviny dvacátých let [19] .....	14
Obr. 5 Náčrt technologického uspořádání pracovišť [2] .....	14
Obr. 6 Náčrt předmětného uspořádání pracovišť [2] .....	15
Obr. 7 Náčrt modulárního uspořádání pracovišť [2] .....	15
Obr. 8 Náčrt buňkového uspořádání pracovišť [2] .....	16
Obr. 9 Importovaný model soustruhu SN 32 v prostředí programu AutoCAD 2022 [27] .....	17
Obr. 10 Grafické znázornění doporučeného natočení soustruhů v hale [1] .....	17
Obr. 11 Grafické znázornění umístění frézek vůči hale [1] .....	18
Obr. 12 Grafické znázornění umístění radiálních vrtaček vlevo a vodorovných vyvrtávaček vpravo [1] .....	19
Obr. 13 Náčrt stroje včetně krajních poloh pohyblivého suportu .....	19
Obr. 14 Náčrt obousměrné cesty s odstavným pruhem [3] .....	20
Obr. 15 Doporučené vzdálenosti stroje od sloupů a dopravních cest [3] .....	20
Obr. 16 Doporučené vzdálenosti mezi stroji proti sobě vlevo a řazené za sebou vpravo [3] ..	21
Obr. 17 Schématický náčrt obvyklé strojírenské haly skládající se z třech podélných lodí [3] .....	22
Obr. 18 Náčrt pro volbu šířky lodí [3] .....	22
Obr. 19 Příčný řez lodí strojírenského podniku [3] .....	23
Obr. 20 Grafické znázornění rozdělení kapacitních propočetů [3] .....	24
Obr. 21 Logo firmy KovoRoz s. r. o. [26] .....	25
Obr. 22 Zadaná součást .....	25
Obr. 23 Konzolová frézka TOS F2V – R [15] .....	32
Obr. 24 Pásová pila Pegas Gonda 150x200 GHE [14] .....	32
Obr. 25 Stohovatelná regálová přepravka [16] .....	33
Obr. 26 Plošinový vozík se sklopným madlem [17] .....	33
Obr. 27 Čelní vysokozdvizný vozík Toyota Traigo 80 [18] .....	34
Obr. 28 Obráběcí centrum VMC 80/8 B od firmy StrojTos Lipník a. s. [28] .....	34
Obr. 29 Uspořádání strojů - varianta A .....	35
Obr. 30 Uspořádání strojů - varianta B .....	35
Obr. 31 Graf znázorňující využití pracovišť .....	36

## SEZNAM TABULEK

Tab. 4 Činnosti a jejich sled při tvorbě projektu dílny. [1], [2].....	13
Tab. 5 Zjednodušený výrobní postu pro zadanou součást.....	26
Tab. 6 Časy pro strojní operace.....	27
Tab. 4 Seznam použitých strojů ve variantě s konvenčními stroji.....	33
Tab. 5 Shrnutí výsledků možných uložení polotovaru v přepravce.....	33
Tab. 6 Seznam použitých strojů pro variantu s CNC obráběcími stroji.....	34
Tab. 7 Hlavní porovnávací parametry pro dispoziční řešení.....	37

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1

Výrobní postup

## SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres č. 1

Výkres součásti

BP – 210421 - 01

Výkres č. 2

Obrobna s konvenč. stroji

BP – 210428 - 01

Výkres č. 3

Obrobna s CNC frézkami

BP – 210428 - 02

## PŘÍLOHA 1 – VÝROBNÍ POSTUP

VUT v Brně FSI, ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název součástí: Domeček	Číslo výkres: BP - 210421 - 01	
Datum: 18.5.2021		Vyhotovil: Urban Antonín		Kontroloval:	Polotovár: plochý profil 50x20 EN AW 5083	
Číslo op. pořadové  Orientační	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Dílna:	Popis práce v operaci:		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky:	Čas na provedení i - té operace [min]
00	Pásová pila Pegas Gonda 150 x 200 GHE	Obrobna	řezat plochý profil 50 x20 na délku Lp = 55		posuvné měřidlo MITUTOYO 500-181-30	1,5
10	Konzolová frézka TOS F2V - R	Obrobna	Ofrézovat součást na rozměry 45 x 53 x 15 Frézovat sražení 8 x 45°		posuvné měřidlo MITUTOYO 500-181-30	19 3
20	Stojanová vrtačka VS 40-430 CASTOR		Vrtat díry 2 x Ø 6,6			4
30	Stojanová vrtačka VS 40-430 CASTOR		Vrtat díry 4 x Ø 3,2			4
40	Stojanová vrtačka VS 40-430 CASTOR		Vrtat díru Ø 23,8; Srazit hranu 1 x 45°			3,5
50	Stojanová vrtačka VS 40-430 CASTOR		Vyřezat závit 4 x M4			2
60	Stojanová vrtačka VS 40-430 CASTOR		Vystružit díru Ø 24 M7			1,3
70		Obrobna	profoukat závit, odstarnit otřepy, srazit hrany  Kontrolovat funkční rozměry		posuvné měřidlo MITUTOYO 500-181-30 Kalibr na díru 24 M7	5